



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y  
CENTRO DE TRASFORMACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL”

Alumno: Eduardo Garcia Garcia

Tutora: Amaia Pérez Ezkurdia

Pamplona, 23 de Febrero de 2012



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y  
CENTRO DE TRASFORMACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL”

DOCUMENTO: 1. MEMORIA

Alumno: Eduardo Garcia Garcia

Tutora: Amaia Pérez Ezkurdia

Pamplona, 23 de Febrero de 2012



## **INDICE**

### **MEMORIA**

### **PÁGINA**

<b>1.1. Introducción</b>	<b>3</b>
1.1.1. Objeto del proyecto	3
1.1.2. Situación	3
1.1.3. Descripción general	3
1.1.4. Normativa	4
<b>1.2. Esquemas de distribución</b>	<b>4</b>
1.2.1. Introducción	4
1.2.2. Tipos de esquema de distribución	5
1.2.3. Esquema de distribución escogido	6
<b>1.3. Iluminación</b>	<b>6</b>
1.3.1. Introducción	6
1.3.2. Sistemas de iluminación	6
1.3.3. Conceptos luminotécnicos	6
1.3.4. Propiedades ópticas de los materiales	8
1.3.5. Sistemas de iluminación	8
1.3.6. Aparatos de alumbrado	10
1.3.7. Fuentes luminosas	11
1.3.8. Cálculo de alumbrado	13
1.3.9. Solución adoptada	17
1.3.10. Cálculo de alumbrado exterior	21
1.3.11. Solución adoptada	22
1.3.12. Alumbrado especial: de emergencia y señalización	22
1.3.13. Solución adoptada	24
<b>1.4. Tipos de receptores</b>	<b>27</b>
1.4.1. Introducción	27
1.4.2. Motores	27
1.4.3. Receptores de alumbrado	28
1.4.4. Tomas de corriente	28
1.4.4.1. Introducción	28
1.4.4.2. Tipos de tomas de corriente	28
1.4.4.3. Situación de las tomas de corriente	28
1.4.5. Interruptores	29
<b>1.5. Previsión de cargas</b>	<b>29</b>
<b>1.6. Instalación de enlace</b>	<b>33</b>
1.6.1. Introducción	33
1.6.2. Solución adoptada	33
<b>1.7. Conductores y cables eléctricos</b>	<b>34</b>
1.7.1. Introducción	34
1.7.2. Tipos de conductores	34
1.7.3. Sección del conductor	36
1.7.4. Canalizaciones	36
1.7.5. Normas para la elección de los cables y tubos	38
1.7.6. Código de colores	39
1.7.7. Soluciones adoptadas	39
1.7.7.1. Conductores	39
1.7.7.2. Características de los tipos de conductores escogidos	39
1.7.7.3. Canalizaciones	40
<b>1.8. Cuadros eléctricos</b>	<b>40</b>

1.8.1. Interconexión de las distintas partes de la instalación	40
1.8.2. Ubicación	40
1.8.3. Composición	41
1.8.4. Características de los cuadros de distribución	42
1.8.5. Características de los circuitos	42
1.9. Protecciones en baja tensión	43
1.9.1. Introducción	43
1.9.2. Dispositivos de protección eléctrica	43
1.9.3. Protección de la instalación	44
1.9.3.1. Protección contra sobrecargas	45
1.9.3.2. Protección contra cortocircuitos	45
1.9.3.3. Cálculo de las intensidades de cortocircuito	47
1.9.3.4. Coordinación de protecciones	50
1.9.4. Protección de las personas	50
1.9.4.1. Protección contra contactos directos	51
1.9.4.2. Protección contra contactos indirectos	51
1.9.5. Solución adoptada	52
1.10. Puesta a tierra	88
1.10.1. Introducción	88
1.10.2. Características de la puesta a tierra	89
1.10.3. Componentes de la puesta a tierra	89
1.10.4. Elementos a conectar a tierra	91
1.10.5. Solución adoptada	92
1.11. Centro de transformación	92
1.11.1. Reglamentación	92
1.11.2. Centro de transformación “de red publica” y centro de transformación “de abonado”	92
1.11.3. Emplazamiento y situación	93
1.11.4. Obra civil	93
1.11.5. Características generales del centro de transformación	95
1.11.6. Potencia necesaria para el centro de transformación	95
1.11.7. Instalación eléctrica	95
1.11.7.1. Características de la red de alimentación	95
1.11.7.2. Características de la aparamenta de alta tensión	95
1.11.7.3. Características material vario de alta tensión	98
1.11.7.4. Características de la aparamenta de baja tensión	98
1.11.7.5. Medida de la energía eléctrica	98
1.11.8. Puesta a tierra	99
1.11.9. Instalaciones secundarias	99
1.12. Compensación del factor de potencia	100
1.12.1. Introducción	100
1.12.2. Ventajas de un elevado factor de potencia	101
1.12.3. Procedimiento para mejorar el factor de potencia de una instalación	101
1.12.3.1. Procedimientos directos	101
1.12.3.2. Procedimientos indirectos	101
1.12.4. Características de los compensadores	102
1.12.4.1. Compensador síncrono	102
1.12.4.2. Compensador estático	102
1.12.5. Solución adoptada	103
1.13. Resumen del presupuesto	103





## **MEMORIA**

### **1.1. Introducción**

#### **1.1.1. Objeto del proyecto**

El objeto del proyecto es el diseñar, calcular, valorar y señalar, según la normativa vigente, los materiales que son necesarios para el suministro de la energía eléctrica a los distintos receptores de fuerza y alumbrado de una nave industrial situada en el término municipal de Azuqueca de Henares, en la provincia de Guadalajara, y cuya actividad consistirá en la logística.

El suministro eléctrico demandado a la empresa distribuidora IBERDROLA S.A. será en media tensión por lo cual precisa la instalación de un centro de transformación. Dicho centro de transformación debe ser capaz de soportar la carga existente de la nave industrial, teniendo en cuenta las prescripciones oficiales.

Se estudiarán las necesidades eléctricas de la empresa en función de las cuales se proyectará la instalación eléctrica, reuniendo las condiciones y garantías mínimas exigidas por la reglamentación vigente, con el fin de obtener la autorización administrativa para su puesta en marcha, así como servir de base a la hora de proceder a la ejecución de dicho proyecto.

#### **1.1.2. Situación**

El emplazamiento de la instalación situada en el polígono industrial Miralcampo, en la calle del plástico, en el término municipal de Azuqueca de Henares en la provincia de Guadalajara.

#### **1.1.3. Descripción general**

Tal como puede apreciarse en el capítulo de planos la nave tiene unas dimensiones de 233 m de longitud 86,74 m de anchura y 12 m de altura en el punto más alto, con un total de 20210,42 m<sup>2</sup> construidos.

La distribución de la nave es la siguiente:

1. Zona descarga camiones: 1900,12 m<sup>2</sup>
2. Zona carga camiones: 1900,12 m<sup>2</sup>
3. Zona almacén 1: 7459,13 m<sup>2</sup>
4. Zona almacén 2: 7459,13 m<sup>2</sup>
5. Cargador baterías: 136,69 m<sup>2</sup>
6. Zona mantenimiento
  - 6.1. Oficina mantenimiento: 149,21 m<sup>2</sup>
  - 6.2. Mantenimiento: 685,7 m<sup>2</sup>
7. Zona oficinas
  - 7.1. Oficina 1: 23,1 m<sup>2</sup>
  - 7.2. Oficina 2: 20 m<sup>2</sup>
  - 7.3. Oficina 3: 20 m<sup>2</sup>
  - 7.4. Dirección: 10 m<sup>2</sup>
  - 7.5. Secretaria dirección: 7 m<sup>2</sup>
  - 7.6. Sala espera visitas: 22,5 m<sup>2</sup>
  - 7.7. Sala reuniones: 34,79 m<sup>2</sup>
  - 7.8. Archivo: 17,59 m<sup>2</sup>
  - 7.9. Almacén: 2,33 m<sup>2</sup>

- 7.10. Aseo 1: 6,75 m<sup>2</sup>
- 7.11. Aseo minusválidos: 5,45 m<sup>2</sup>
- 7.12. Aseo 2: 6,75 m<sup>2</sup>
- 7.13. Aseo 3: 19,67 m<sup>2</sup>
- 7.14. Entrada aseos: 2,82 m<sup>2</sup>
- 7.15. Pasillo
  - 7.15.1. Pasillo 1: 7,92 m<sup>2</sup>
  - 7.15.2. Pasillo 2: 102,31 m<sup>2</sup>
  - 7.15.3. Pasillo 3: 6,18 m<sup>2</sup>
- 8. Módulo 1 vestuarios
  - 8.1. Vestuario chicas
    - 8.1.1 Zona taquillas: 17,33 m<sup>2</sup>
    - 8.1.2 Zona duchas: 19,13 m<sup>2</sup>
  - 8.2. Zona descanso: 38,39 m<sup>2</sup>
  - 8.3. Vestuario chicos
    - 8.1.1 Zona taquillas: 29,86 m<sup>2</sup>
    - 8.1.2 Zona duchas: 28,77 m<sup>2</sup>
- 9. Módulo 2 vestuarios
  - 9.1 Zona taquillas: 17,33 m<sup>2</sup>
  - 9.2. Zona duchas: 19,8 m<sup>2</sup>
- 10. Cuarto bombeo sistema incendios: 40 m<sup>2</sup>

#### 1.1.4. Normativa

La realización del proyecto y la ejecución de las instalaciones se efectuarán de acuerdo con la normativa vigente, la cual se detalla a continuación:

- Reglamento electrotécnico de baja tensión, que fue aprobado por el consejo de ministros, reflejado en el Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002 y publicado en el BOE N° 224 de fecha 18 de septiembre de 2002.
- Normas tecnológicas de la edificación, instalaciones: IEB: Baja tensión; IEI: Alumbrado interior; IEP: Puesta a tierra.
- Real decreto 2267/2004, de 3 de diciembre. Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de la empresa de distribución eléctrica.
- Ley de prevención de riesgos laborales. Real decreto 31/1995, de 8 de noviembre.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.
- Cualquier otra normativa y reglamento de obligado cumplimiento por este tipo de instalaciones.

### 1.2. Esquemas de distribución

#### 1.2.1. Introducción

Será preciso tener en cuenta el esquema de distribución empleado para la determinación de las características de las medidas de protección contra choques eléctricos en el caso de defecto (contacto indirecto) y contra sobreintensidades, así como de las especificaciones de la aparamenta encargada de tales funciones.

Los esquemas de distribución se establecen en función de las conexiones a tierra de la red de distribución o de la alimentación, por un lado. Y de la masa de la instalación receptora, por otro. Se clasifican mediante un código de dos letras.

La primera letra (T o I) considera la situación del neutro respecto a tierra en el inicio de la instalación. La letra T indica que el neutro está conectado directamente



a tierra. La letra I indica, bien que el neutro está conectado a tierra a través de una impedancia elevada (1000 a 2000 $\Omega$ ), o bien aislamiento de las partes activas con respecto a tierra. La segunda letra (T o N) considera la situación de las masas con respecto a tierra. La letra N indica que las masas están conectadas al cable de neutro. La letra T indica que las masas están conectadas directamente a tierra.

### 1.2.2. Tipos de esquema de distribución

#### ▪ ESQUEMA TN:

Los esquemas TN tienen un punto de alimentación, generalmente el neutro o compensador, conectado directamente a tierra y las masas de la instalación receptora conectadas a dicho punto mediante conductores de protección:

Se distinguen tres tipos de esquema TN según la disposición relativa del conductor neutro y del conductor de protección:

- Esquema TN-S: el conductor de neutro y de protección son distintos en todo el esquema.
- Esquema TN-C: las funciones de neutro y de protección están combinadas en un solo conductor en todo el esquema.
- Esquema TN-C-S: las funciones de neutro y de protección están combinadas en un solo conductor en parte del esquema.

#### ▪ ESQUEMA TT:

En el esquema TT el neutro o compensador se conecta directamente a tierra. Las masas de la instalación receptora están conectadas a una toma de tierra separada de la toma de tierra de alimentación. Ambas tierras tienen que estar lo suficientemente separadas para evitar los riesgos de transferencias de potencias entre ellas. Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben estar intercomunicadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. Si varios dispositivos de protección van montados en serie, esta prescripción se aplica por separado a las masas protegidas por cada dispositivo.

El punto neutro de cada generador o transformador, o si no existe, un conductor de fase de cada generador o transformador, debe ponerse a tierra.

La corriente de fallo está fuertemente limitada por la impedancia de las tomas de tierra, pero puede generar una tensión de contacto peligrosa. La corriente de fallo es generalmente débil como para requerir protecciones contra sobrecorrientes, por lo que se eliminara preferentemente mediante un dispositivo de corriente diferencial residual.

En esquema TT se utilizan los dispositivos de protección siguientes:

- Dispositivos de protección de corriente diferencial residual.
- Dispositivos de protección de máxima corriente, tales como fusibles o interruptores automáticos.

#### ▪ ESQUEMA IT

En el esquema IT, la alimentación de la instalación está aislada de tierra, o conectada a ella con una impedancia Z elevada. Esta conexión se lleva a cabo generalmente en el punto neutro o en un punto neutro artificial. En caso de fallo de aislamiento, la impedancia de bucle de fallo es elevada (viene determinada por la capacidad de la instalación con respecto a tierra o por la impedancia Z).

En el primer fallo, el incremento de potencia de las masas permanece limitado y sin peligro. La interrupción no es necesaria y la continuidad está



asegurada, pero debe buscarse y eliminarse el fallo para lograr un servicio competente. Con este objeto, un controlador permanente de aislamiento (CPA) vigila el estado del aislamiento de la instalación. Si al primer fallo no eliminado se añade un segundo, se transforma en cortocircuito, el cual deberá ser eliminado por los dispositivos de protección contra sobreintensidades pertinentes.

### 1.2.3. Esquema de distribución escogido

El esquema de distribución elegido para distribuir las líneas que alimentan todas las máquinas de la nave industrial, es el esquema TT. Las ventajas que este esquema tiene en lo que respecta al mantenimiento, ampliaciones futuras, y seguridad contra incendios aconsejan su uso en este proyecto.

## 1.3. Iluminación

### 1.3.1. Introducción

El objeto de todo alumbrado artificial, es complementar la luz natural o en su defecto reemplazarla, para que se pueda continuar con la actividad a realizar, en los momentos en los que la luz diurna es insuficiente o nula.

El objetivo de la iluminación es producir un adecuado ambiente visual. Un ambiente es adecuado si asegura el confort visual y si cumple con los requerimientos para las tareas visuales según la función del local. Una buena iluminación requiere igual atención en la cantidad como en la calidad de luz. Un espacio interior cumple con esos requerimientos si sus partes pueden verse bien sin ninguna dificultad y si una tarea visual dada puede ser realizada sin esfuerzo.

En un principio se detallan los principales conceptos luminotécnicos y un resumen de las bases teóricas que van a fundamentar los cálculos realizados.

### 1.3.2. Sistemas de iluminación

Los sistemas de iluminación básicos son tres: alumbrado general, alumbrado general localizado y alumbrado localizado. Su selección depende de las condiciones y necesidades de las tareas que se realizaran en el lugar.

- Alumbrado general: Los sistemas de alumbrado general tienen el objetivo de garantizar un determinado nivel de iluminación homogéneo a todos los puestos situados en un mismo plano del local.
- Alumbrado general localizado: los sistemas de alumbrado general localizado no tiene el objeto de garantizar un nivel de iluminación uniforme para todo el local, sino de iluminar, con el mismo o con diferentes niveles de iluminación, el local por zonas, en los cuales están situados los medios de producción de manera no uniforme.
- Alumbrado localizado: Los sistemas de alumbrado localizado siempre están asociados a uno de los dos sistemas anteriores. Su objetivo es suministrar, mediante una luminaria situada en el propio puesto de trabajo, la cantidad de luz necesaria para que, agregada a la aportada por un sistema general o general localizado, complete el nivel de iluminación requerido por la tarea que se realiza en el puesto.

### 1.3.3. Conceptos luminotécnicos

La luz es una radiación electromagnética que el ojo humano percibe como claridad, es decir, es la parte del espectro que se puede ver.

- **Flujo luminoso (F):**  
Es la cantidad de energía luminosa emitida en el espacio por una fuente por unidad de tiempo. Su unidad de medida es el lumen (lm). El lumen se define como el flujo luminoso emitido en el ángulo sólido unitario, por una fuente puntual uniforme que tiene una intensidad luminosa de una candela (cd), en todas las direcciones.
- **Intensidad luminosa (I):**  
Es la intensidad del flujo luminoso de una fuente de luz, proyectada en una dirección determinada. Su unidad de medida es la candela (cd).  
Se utiliza para expresar la distribución luminosa de las fuentes de luz.
- **Iluminancia (E) (nivel de iluminación):**  
Es la cantidad de luz incidente en una superficie. Se puede definir como el cociente entre el flujo luminoso que incide sobre una superficie y el área de dicha superficie. Es independiente de la dirección con que el flujo luminoso alcanza la superficie considerada.  
Su unidad de medida es el lux (lx).
- **Luminancia (L):**  
Es la sensación de claridad que el ojo humano recibe de una superficie iluminada o luminosa (tiene importancia, por tanto, en los fenómenos de deslumbramiento).  
Su unidad de medida es la candela por metro cuadrado ( $\text{cd/m}^2$ ).
- **Uniformidad:**  
Es la variación de la iluminancia expresada como relación entre la máxima y la mínima, o entre la máxima y la media. Se mide también en tanto por cien.
- **Eficacia luminosa (rendimiento luminoso):**  
Es la relación entre el flujo emitido por la fuente y la potencia empleada para obtener tal flujo, con ella se puede evaluar el ahorro de energía que da una lámpara con respecto a otra. Su unidad de medida es el lumen por vatio ( $\text{lm/W}$ ).  
Valores indicativos del rendimiento luminoso de algunos tipos de lámpara son:
  - Incandescente estándar (40W)..... 11  $\text{lm/W}$
  - Fluorescente (40W)..... 80  $\text{lm/W}$
  - Mercurio alta presión (400W)..... 58  $\text{lm/W}$
  - Halogenuros metálicos (360W)..... 78  $\text{lm/W}$
  - Sodio alta presión (400W)..... 120  $\text{lm/W}$
  - Sodio baja presión (180W)..... 175  $\text{lm/W}$
- **Temperatura de color:**  
La temperatura de color de una fuente de luz es la correspondiente a la temperatura del “cuerpo negro” que presenta el mismo color de la fuente. Su unidad de medida es el grado Kelvin (K). Se puede decir que la temperatura es un elemento de elección cualitativa de una lámpara, así como el flujo es un elemento cuantitativo.  
La Comisión Electrónica Internacional (CEI) con fines prácticos de aplicación ha sugerido la siguiente clasificación, en cuanto a correspondencia entre la apariencia de color y la temperatura de color de la lámpara.
  - Blanco cálido: 3000K
  - Blanco: 3500K
  - Blanco frío: 4200K
  - Luz día: 6500K  
Ejemplo de distintas temperaturas de color:
  - Lámparas incandescentes: 3100K (cálida)
  - Lámparas halógenas: 3000-3200K (cálida)

- Lámparas fluorescentes: 2700-3000K (cálida)
- Lámparas fluorescentes: 3800-4200K (intermedia)
- Lámparas fluorescentes: 6500-7400K (fría)
- Lámparas de vapor de mercurio: 3800-4500K (intermedia)
- Lámparas de halogenuros metálicos: 4200-6500K (fría)
- Lámparas de sodio alta presión: 2200K (cálida)
- Lámparas halogenuros + sodio alta presión: 3300- 3800K (intermedia)

Existe una relación entre la temperatura de color y el nivel de iluminación de una determinada instalación de forma que para tener una sensación visual confortable, a bajas iluminaciones le deben corresponder lámparas con una baja temperatura de color y, a altas iluminaciones, lámparas con una temperatura de color elevada.

- **Reproducción cromática:**

Es la capacidad de una fuente de luz para reproducir los colores. Se mide con el concepto de índice de reproducción cromática  $R_a$  (índice de rendimiento del color), que es el grado de ajuste entre el coloreado de los objetos iluminados por la fuente considerada y el de los mismos objetos iluminados por una fuente de referencia. Se expresa por un número comprendido entre 0 y 100. Una fuente de luz con  $R_a=100$  muestra todos los colores correctamente. Cuanto menor es el índice, peor es la reproducción cromática.

- **Deslumbramiento:**

Es una alteración del proceso de visión provocada por un estímulo excesivo y se manifiesta por disminución de agudeza visual, aumento del contraste mínimo perceptible y del tiempo de percepción, acomodación y reacción.

Si la fuente de luz es primaria (lámparas, luminarias, ventanas, etc.) se denomina directo, y reflejado cuando se produce por la reflexión en superficies de gran reflectancia.

### 1.3.4. Propiedades ópticas de los materiales

Existirán superficies que modifican la propagación de los rayos luminosos. Un rayo según en qué medio este, tendrá un índice de refracción concreto.

Cuando un rayo luminoso se ejerce sobre una superficie, una parte de la onda se puede transmitir por la superficie, otra parte puede ser rebotada y otra parte absorbida.

- **Transmisión:**

Paso de la radiación, a través de un medio, sin cambiar la frecuencia de sus componentes monocromáticas. La longitud de onda se mantiene constante.

- **Reflexión:**

Es el proceso por el cual, la radiación es devuelta por una superficie o medio sin cambiar la frecuencia de sus componentes monocromáticas.

- **Absorción:**

La energía radiante se transforma en otro tipo de energía en una determinada superficie.

### 1.3.5. Sistemas de iluminación

Los sistemas de iluminación se clasifican según la distribución del flujo luminoso por encima o por debajo del plano horizontal en que esta la luminaria.

En función de esta clasificación y en orden creciente de flujo enviado por encima de la horizontal se dividen en:





- **Iluminación directa:**  
Entre el 90 y 100% del flujo luminoso se dirige por debajo de la horizontal llegando al plano de trabajo directamente, solo una pequeña parte es reflejado por las paredes y el techo. Es el sistema con mayor rendimiento luminoso pero tiene como inconveniente el hecho de crear sombras duras y profundas y la existencia de peligro de deslumbramiento si se colocan los aparatos dentro del campo visual. Apropia para la obtención económica de altos niveles de iluminación sobre el plano de las mesas y de los puestos de trabajo. Por tanto se aplica en el alumbrado de talleres y de ciertas oficinas. Con este sistema de iluminación las partes superiores del local se quedan en sombra, por lo que se reducen las pérdidas de luz por las claraboyas, por lo que aplican en caso de locales provistos de dichos elementos constructivos.  
Para conseguir el nivel necesario de iluminación hay que aumentar el número de aparatos de alumbrado, para que los objetos iluminados reciban luz desde varias direcciones, con lo que disminuye el efecto de molestas sombras.
- **Iluminación semidirecta:**  
Entre el 60 y 90% del flujo luminoso se dirige directamente hacia la superficie que se quiere iluminar. Las sombras no son tan duras y se reduce el peligro de deslumbramiento.  
Se emplea en casos en los que los techos no son muy altos, ya que buena parte de la luz emitida por los aparatos se dirige hacia el techo. No debe utilizarse en locales con claraboya en el techo. Se utiliza bastante en los locales de trabajo ya que permite un elevado nivel de iluminación relativamente económico, creando sombras bastante suaves.
- **Iluminación difusa o mixta:**  
Aproximadamente la mitad del flujo luminoso se dirige hacia abajo, la otra mitad hacia el techo. Se eliminan por completo las sombras y al hacer más extensa la superficie luminosa, se reduce aún más el peligro de deslumbramiento.  
Debido a la elevada reflexión de la luz sobre el techo y las paredes, desaparecen por completo las sombras de los objetos.
- **Iluminación semiindirecta:**  
Solamente entre el 10 y 40% del flujo luminoso se dirige hacia la superficie a iluminar. Se consigue una iluminación muy agradable pero un bajo rendimiento luminoso.  
Se consigue la supresión de sombras y alto grado de difusión del flujo luminoso, que crea una impresión sedante sobre el ánimo del observador puede resultar favorable para ciertos trabajos de oficina, pero otras veces, la falta de plasticidad de los objetos, hace que deba acompañarse el alumbrado de iluminación local.
- **Iluminación indirecta:**  
Entre el 90 y 100% del flujo se dirige por encima de la horizontal, hacia las paredes y el techo, que deben ser de color muy claro para evitar instalar mucha potencia.  
Las fuentes luminosas están ocultas a la vista del observador, no se aprecian zonas luminosas sino iluminadas. Tiene como inconvenientes que perjudica la visión exacta de los objetos, tiende a unificar su iluminancia y aplanarlos. Es el sistema con menor rendimiento luminoso pero el efecto conseguido es el más parecido a la luz natural, sin peligro de deslumbramiento y exento de sombras laterales.  
Esta iluminación precisa de elevado consumo de energía, debido al alto



porcentaje de flujo luminoso que se dirige hacia las paredes y el techo, que deben tener alto factor de reflexión, es decir, deben de ser de color claro. Se emplea para salas de espera o salas de recepción, a veces acompañados de alumbrado suplementario.

### 1.3.6. Aparatos de alumbrado

La misión de los aparatos de alumbrado es la de modificar el flujo luminoso emitido por las lámparas según sean las características deseadas de iluminación, así como ocultar los manantiales luminosos de la visión directa del observador para evitar el deslumbramiento.

Los aparatos se pueden clasificar según el sistema de iluminación que producen, no obstante es más usual clasificarlos según las propiedades de la luz que aprovechan:

- **Difusores:**

Actúan relativamente poco sobre la distribución del flujo luminoso. Su efecto es sustituir el manantial luminoso primario por el propio difusor, aumentando la superficie luminosa y reduciendo la posibilidad de deslumbramiento, a costa de una reducción del rendimiento luminoso. Los más usuales son los difusores esféricos.

Mención especial en este apartado tienen las rejillas difusoras para fluorescentes. Aunque los fluorescentes tienen una luminancia débil, muchas veces es necesario ocultarlos de la visión directa, para lo cual se dispone un conjunto de tabiques dispuestos en forma de rejillas.

Como inconveniente, suponen una disminución en torno a un veinte por ciento del rendimiento luminoso, por lo que habrá que aumentar el número de puntos de luz así como la potencia instalada. No obstante, la mejor calidad de luz obtenida y el aumento de confort provocado compensan este inconveniente. Estos dispositivos son imprescindibles en lugares como oficinas, salas de costura, etc., en los que la atención a de ser constante.

- **Reflectores:**

Desplazan la curva de distribución luminosa hacia abajo. Se distinguen en base al ángulo que forman con la vertical la dirección de máximo flujo luminoso:

- Intensivo: 0-30°
- Semiintensivo: 30-40°
- Dispersivo: 40-50°
- Semiextensivo: 50-60°
- Extensivo: 60-70°
- Hiperextensivo: 70-90°

Dentro de los reflectores se pueden considerar dos modelos importantes:

- Reflector de superficies difusoras
- Reflector que reflejan la luz de manera regular

Para las lámparas fluorescentes se van a utilizar aparatos reflectores con rejillas difusoras que son dispositivos constituidos por un conjunto de tabiques o celosías dispuestos en forma de rejilla para ocultar las lámparas a la visión directa del observador.

Se emplean en lugares donde se precisa una atención continuada, como oficinas, salas de dibujo, ya que a pesar de disminuir el rendimiento de los aparatos, proporcionan una mejor calidad de luz y aumento de confort visual.

- **Refractores**

Se basan en la refracción regular de la luz. A diferencia de los aparatos





reflectores estos no precisan de una zona libre para la salida del flujo luminoso al exterior, ya que este se extiende a través del refractor. Así la fuente luminosa puede quedar oculta totalmente del observador. Su función es dirigir el flujo y distribuirlo de la manera más adecuada.

- **Mixtos**

Aprovechan varias propiedades de la luz consiguiendo el sistema de iluminación deseado.

### 1.3.7. Fuentes luminosas

Existen principalmente dos formas de producir luz: por incandescencia (lámparas incandescentes) o por fotoluminiscencia (lámparas de descarga)

- **Lámparas incandescentes**

La luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor, que calentado al rojo, produce luz por efecto de la termoradiación.

Características básicas: El índice de color es 100 y su temperatura de color 2700K. Se fabrican en un margen de potencias de 15 a 2000W aunque la gama más empleada entre 25 y 200W.

- **Lámparas fluorescentes**

Constan de un tubo de vidrio lleno de un gas inerte y una pequeña cantidad de mercurio, inicialmente en forma líquida, y en cada uno de sus extremos va alojado un electrodo sellado herméticamente. Su funcionamiento se basa en la descarga en vapor de mercurio a baja presión.

El interior del tubo está recubierto por una mezcla de polvos fluorescentes, que convierten la radiación ultravioleta de la descarga del mercurio en radiaciones de longitud de onda más largas, dentro del intervalo visible. Con diferentes composiciones de polvo fluorescente se puede variar el tono de luz.

No pueden funcionar mediante conexión directa a la red; necesitan un dispositivo (balasto) que limite el flujo de la corriente eléctrica a través de ella y que también proporcione el pico de tensión necesario para el encendido.

- **Lámparas de vapor de mercurio de alta presión**

El funcionamiento de este tipo de lámparas se produce de la siguiente forma: Cuando se conecta la lámpara a través del balasto, se aplica una diferencia de potencial entre los electrodos principal y auxiliar o de arranque, lo que hace que, entre ellos y a través del argón contenido en el tubo de descarga, salte un pequeño arco. El calor generado por este arco vaporiza el mercurio, que estaba en estado líquido, permitiendo el establecimiento del arco entre los dos electrodos principales a través de la atmósfera de vapor de mercurio.

El encendido no es instantáneo, precisa un cierto tiempo (4 minutos) para que la lámpara alcance su máxima emisión. El reencendido tampoco es instantáneo (5 minutos) debiéndose esperar que se condense el mercurio para poder cebar de nuevo el arco.

La luz de estas lámparas tiene muy mala reproducción cromática por lo que la ampolla se recubre de sustancias que aprovechan las radiaciones ultravioleta y, por el efecto fluorescente, emiten radiaciones rojas que completan su distribución espectral (a este tipo de lámparas se les denomina de color corregido).

El rendimiento de estas lámparas es mucho mayor a las lámparas incandescentes (varía entre 40-60 lm/W). Tiene una temperatura de color 3800-4500K funcionando en condiciones normales y un



rendimiento de color de 40-45.

- Lámparas de vapor de sodio a baja presión

En estas lámparas la descarga eléctrica se produce a través del metal sodio a baja presión, que emite radiación visible casi monocromática de longitud de onda muy próxima a la de mayor sensibilidad del ojo humano, lo que hace que sean las de mayor rendimiento (pueden llegar a 200 lm/W).

La tensión de encendido de esta lámpara varía según el tipo de 500 a 1500 voltios por lo que su conexión a la red se debe realizar a través de un autotransformador. El tiempo de encendido es de unos quince minutos, pero a los diez ya se produce el ochenta por ciento del flujo nominal. El reencendido necesita de 3 a 7 minutos.

Su vida media es de 15000 horas, con una duración útil de 8000 para funcionamiento de tres horas por encendido.

Se emplean cuando se precisa gran cantidad de luz sin importar demasiado su calidad (carreteras, alumbrado de seguridad, etc.).

- Lámparas halógenas

Esencialmente son lámparas incandescentes, a las que se añade al gas de la ampolla una débil cantidad de un elemento químico de la familia de los halógenos (flúor, cloro, bromo, yodo) con objeto de crear, por reacción química, un ciclo de regeneración del alógeno; así, se evita el problema que presentan las incandescentes convencionales, que pierden parte de su flujo luminoso con el paso del tiempo, porque el wolframio del filamento se evapora depositándose en forma de una capa oscura en el interior de la ampolla. En el ciclo, los halógenos se enlazan con el wolframio vaporizado. Cuando esta mezcla gaseosa se calienta cerca del filamento incandescente, el wolframio vuelve a depositarse sobre él y los halógenos se incorporan de nuevo al proceso. La alta temperatura de las paredes de la ampolla, necesaria para mantener el ciclo wolframio-halógeno, exige un tamaño de la misma más pequeño, lo que obliga a que sean de cuarzo puesto que el vidrio normal no las soporta.

Las principales ventajas de estas lámparas, respecto a las estándar son mayor vida media (unas dos mil horas), mejora la eficiencia luminosa, un factor de conservación más elevado (95%), dimensiones más reducidas, temperatura de color superior y estable a lo largo de su vida útil (luz más blanca), lámparas compactas, de alta luminancia, que se adaptan de forma óptima a diversos sistemas ópticos para controlar los haces de luz.

- Lámparas de halogenuros metálicos

Su constitución es similar a las de vapor de mercurio a alta presión, conteniendo halogenuros (indio, talio, etc.) que mejoran la eficacia y el rendimiento de color. No producen apenas radiaciones ultravioleta (no necesita el recubrimiento fluorescente de las de vapor de mercurio) por lo que se construyen normalmente transparentes y con ampollas cilíndricas.

Las condiciones de funcionamiento son similares a las de vapor de mercurio; sin embargo debido a los halogenuros necesitan tensiones de encendido de 1,5 a 5 kV, producidas por el correspondiente cebador o aparato de encendido. Algunos tipos permiten el reencendido inmediato en caliente mediante el empleo de arrancadores, que producen picos de tensión de 35 a 60 kV.

La temperatura de color es 6000K, por lo que su apariencia es fría.

Debido a su elevado rendimiento luminoso (70-90 lm/W) y su buena reproducción cromática tiene gran variedad de aplicaciones, tanto para



alumbrados interiores como exteriores.

### 1.3.8. Cálculo de alumbrado

Para el cálculo del alumbrado se usará las Normas Tecnológicas de Edificación para Instalaciones de Electricidad de alumbrado interior (NTE-IEI). El ámbito de aplicación será para iluminación general y uniforme de locales de forma rectangular. Los equipos luminosos están dispuestos de forma simétrica respecto los ejes de simetría del local, formando mallas de rectángulos de lados iguales entre si y paralelos a los del local. Los pasos a seguir para el cálculo serán los siguientes:

1) Dimensiones del local

a= largura del local (eje x) [metros]

b= largura del local (eje y) [metros]

h= altura del local desde el techo hasta el suelo [metros]

2) Determinar el nivel de iluminación (E)

Los niveles de iluminación E, en lux, correspondientes a cada local según su uso. Vienen dados en las siguientes especificaciones:

E= 50-75-100 lux: Estos niveles de iluminación, se utilizarán solamente para visitas breves y esporádicas. Como por ejemplo, almacenes, estacionamientos de coches, cuartos de máquinas, basuras o contadores.

E= 100-150-200 lux: Estos niveles de iluminación, se utilizan en locales no utilizados continuamente para trabajar. Como por ejemplo, vestíbulos, escaleras, ascensores, pasillos, salas de espera, vestuarios, aseos y cuartos de baño, cocinas de vivienda, cuartos de estar y comedores, dormitorios, archivos, salas de actos, cines, teatro o conciertos.

E= 200-300-500 lux: Estos niveles de iluminación, se utilizan en trabajos con requerimientos visuales limitados. Como por ejemplo, locales como oficinas, aulas, grandes cocinas, estaciones de servicio, gimnasios, salas de lectura, reuniones o exposiciones, locales industriales con requerimientos visuales limitados.

E= 500-750-1000 lux: Estos niveles de iluminación, se utilizan en trabajos con requerimientos visuales normales. Como por ejemplo, laboratorios, salas de contabilidad, mecanografía o cálculo, aulas para trabajos manuales, costura o dibujo, locales industriales para trabajos de precisión.

El valor de E para cualquier local de trabajo desprovisto de ventanas o huecos de iluminación natural, estará entre los valores E del escalón inmediatamente superior al que le correspondería al local según las especificaciones. En dicho caso ningún valor será inferior a 500 lux

3) Escoger tipo de lámpara

Hay que adecuarlo con el tipo de actividad a realizar. Teniendo siempre en cuenta el rendimiento del color, que es la fidelidad en la reproducción de los colores de los objetos iluminados.

4) Escoger el sistema de alumbrado

Tiene que adaptarse a nuestras necesidades y a las luminarias correspondientes. Teniendo en cuenta si se precisa alumbrado general, localizado o suplementario, así como la distribución del flujo luminoso (iluminación directa, indirecta, difusa semidirecta o semiindirecta).

- 5) Determinar la altura de suspensión de las luminarias.  
Esta altura (C), depende del sistema de iluminación escogido y del uso que se dé al local:  
En locales de baja altura y de luminarias adosadas o empotradas, el valor de C será cero. En locales de alturas superiores, y con iluminación directa se aplica la siguiente formula:  
 $H = (4/5) \cdot h'$   
Donde:  
H altura entre el plano de trabajo y la altura de las luminarias [metros].  
 $h'$  altura del local desde el plano de trabajo hasta el techo [metros].  
 $C = h' - H$   
Donde:  
C altura de suspensión.
- 6) Calcular índice del local  
Se calcula a partir de la geometría del local. Para sistemas de iluminación directa se calcula aplicando esta fórmula:  
 $K = S / (H \times (a+b))$   
Donde:  
K es el índice del local comprendido entre 1 y 10.  
a largura del local [metros].  
b anchura del local [metros].  
H altura entre el plano de trabajo y la altura de las luminarias [metros].  
Se utiliza la siguiente tabla para redondear el índice del local:

Valor de K	Valor de k a utilizar en las tablas
$\leq 0,7$	0,6
0,7 - 0,9	0,8
0,9 - 1,12	1
1,12 - 1,38	1,25
1,38 - 1,75	1,5
1,75 - 2,25	2
2,25 - 2,75	2,5
2,75 - 3,5	3
3,5 - 4,5	4
$\geq 4,5$	5

- 7) Determinar los coeficientes de reflexión  
Para determinar el diseño del alumbrado interior hay que tener en cuenta el color y el acabado de las superficies del local. Los factores de reflexión de las superficies del local indican la relación del flujo luminoso reflejado por dichas superficies respecto al flujo incidente total en las mismas.  
Los colores de las superficies del local vendrán determinados por sus factores de reflexión.  
Los factores que utilizaremos serán los que aparecen en la siguiente tabla.

	color	Factor de reflexión ( $\rho$ )
Techo	Blanco o muy claro	0,7
	Claro	0,5
	Medio	0,3
Paredes	Claro	0,5
	Medio	0,3

	Oscuro	0,1
Suelo	Claro	0,3
	oscuro	0,1

#### 8) Determinar el factor de utilización

El factor de utilización es la relación existente entre la iluminancia media en el plano de trabajo y el flujo luminoso instalado por metro cuadrado. Se determina a partir del índice del local y los coeficientes de reflexión. Estos valores se encuentran tabulados y los suministran los fabricantes. En las tablas encontraremos para cada tipo de luminaria los factores de iluminación en función de los coeficientes de reflexión y el índice del local.

Tipo de lámpara: fluorescente empotrado (factores de reflexión: 70%, 50%)

Índice local	Factor de utilización
0,6	0,45
0,8	0,48
1	0,52
1,25	0,55
1,5	0,58
2	0,6
2,5	0,65
3	0,66
4	0,67
5	0,68

Tipo de lámpara: fluorescente descubierto (regleta) (factores de reflexión: 70%, 50%)

Índice local	Factor de utilización
0,6	0,32
0,8	0,4
1	0,44
1,25	0,48
1,5	0,52
2	0,57
2,5	0,62
3	0,65
4	0,69
5	0,71

Tipo de lámpara: luminaria industrial abierta (factores de reflexión: 70%, 50%)

Índice local	Factor de utilización
0,6	0,38
0,8	0,47
1	0,51
1,25	0,55
1,5	0,58
2	0,63
2,5	0,68
3	0,7
4	0,73
5	0,74

## 9) Determinar el factor de pérdida de luz

Este coeficiente dependerá del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de la limpieza del local. El ambiente del local se considerará limpio cuando en él no se produzcan habitualmente humos, vapores o polvo; en caso contrario el ambiente se considerará sucio. Podemos tomar los siguientes valores:

Ambiente del local	Factor de pérdida de luz
Limpio	0,8
Sucio	0,6

## 10) Cálculo del flujo luminoso total

El número de lúmenes se calcula multiplicando el nivel de iluminación que hemos decidido para nuestro local por las dimensiones (largo y ancho) de este y dividimos por los coeficientes de utilización y mantenimiento. Para calcularlo utilizaremos la siguiente formula:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E \times S}{F_u \times F_c}$$

Donde:

$N^{\circ}_{\text{lúmenes}}$  flujo luminoso total en lúmenes

E nivel de iluminación en lux

S superficie del local en  $m^2$

$F_u$  es el factor de utilización

$F_c$  es el factor de pérdida de luz

## 11) Cálculo del número de luminarias (N)

Para calcular el número de luminarias necesarias utilizamos la siguiente formula:

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

Donde:

n número de lámparas por luminaria

$\phi$  flujo luminoso de la lámpara

## 12) Determinar la distribución de las luminarias

La colocación de las luminarias depende de la arquitectura general y dimensiones del edificio, tipo de luminaria, etc. en los locales de planta rectangular las luminarias se reparten de forma uniforme en filas paralelas a los ejes de simetría del local según las formulas:

$$N^{\circ}_{\text{ancho}} = \frac{N^{\circ}_{\text{luminarias}} \times a}{b}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}} \times b}{a}$$

Donde:

a es anchura del local

b es longitud del local



### 1.3.9. Solución adoptada

#### 1. Zona descarga camiones

- Solución adoptada:

- 47 lámparas PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
- 47 luminarias PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R

- Potencia:  $47 \times 400 = 18800 \text{ W}$

#### 2. Zona carga camiones

- Solución adoptada:

- 47 lámparas PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
- 47 luminarias PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R

Potencia:  $47 \times 400 = 18800 \text{ W}$

#### 3. Zona almacén 1

- Solución adoptada:

- 158 lámparas PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
- 158 luminarias PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R

- Potencia:  $158 \times 400 = 63200 \text{ W}$

#### 4. Zona almacén 2

- Solución adoptada:

- 158 lámparas PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
- 158 luminarias PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R

- Potencia:  $158 \times 400 = 63200 \text{ W}$

#### 5. Cargador baterías

- Solución adoptada:

- 34 PHILIPS MASTER TL-D super 80 58W/840 1SL
- 17 PHILIPS TCW 216 2xTL-D 58W IC PI

- Potencia:  $34 \times 58 = 1972 \text{ W}$

#### 6. Zona mantenimiento

##### 6.1. Oficina mantenimiento

- Solución adoptada:

- 51 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
- 17 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3

- Potencia:  $17 \times 36 = 1836 \text{ W}$



## 6.2. Mantenimiento

- Solución adoptada:
  - 33 lámparas PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
  - 33 luminarias cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R
- Potencia:  $33 \times 400 = 13200 \text{ W}$

## 7. Zona oficinas

### 7.1. Oficina 1

- Solución adoptada:
  - 18 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL 830
  - 6 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $18 \times 36 = 648 \text{ W}$

### 7.2. Oficina 2

- Solución adoptada:
  - 15 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 5 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $15 \times 36 = 540 \text{ W}$

### 7.3. Oficina 3

- Solución adoptada:
  - 15 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 5 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $15 \times 36 = 540 \text{ W}$

### 7.4. Dirección

- Solución adoptada:
  - 9 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 3 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $9 \times 36 = 324 \text{ W}$

### 7.5. Secretaria dirección

- Solución adoptada:
  - 6 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 2 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $6 \times 36 = 216 \text{ W}$

### 7.6. Sala espera visitas

- Solución adoptada:
  - 9 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 3 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $9 \times 36 = 324 \text{ W}$





#### 7.7. Sala de reuniones

- Solución adoptada:
  - 24 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 8 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $24 \times 36 = 864$  W

#### 7.8. Archivo

- Solución adoptada:
  - 12 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 4 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $12 \times 36 = 432$  W

#### 7.9. Almacén

- Solución adoptada:
  - 2 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 1 PHILIPS IMPALA TBS 160 2xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $2 \times 36 = 72$  W

#### 7.10. Aseo 1

- Solución adoptada:
  - 3 PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
  - 3 EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Potencia:  $3 \times 26 = 78$  W

#### 7.11. Aseo minusválidos

- Solución adoptada:
  - 2 PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
  - 2 EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Potencia:  $2 \times 26 = 52$  W

#### 7.12. Aseo 2

- Solución adoptada:
  - 3 PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
  - 3 EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Potencia:  $3 \times 26 = 78$  W

#### 7.13. Aseo 3

- Solución adoptada:
  - 8 MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
  - 8 EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Potencia:  $8 \times 26 = 208$  W

#### 7.14. Entrada aseos

- Solución adoptada:
  - 1 MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
  - 1 EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L

- Potencia:  $1 \times 26 = 26 \text{ W}$

#### 7.15. Pasillos zona oficinas

##### 7.15.1. Pasillo 1

- Solución adoptada:
  - 3 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 1 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $3 \times 36 = 108 \text{ W}$

##### 7.15.2. Pasillo 2

- Solución adoptada:
  - 36 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 12 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $36 \times 36 = 1296 \text{ W}$

##### 7.15.3. Pasillo 3

- Solución adoptada:
  - 3 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 1 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $3 \times 36 = 108 \text{ W}$

#### 8. Módulo 1 vestuarios

##### 8.1. Vestuario chicas

###### 8.1.1. Zona taquillas

- Solución adoptada:
  - 8 lámparas PHILIPS MASTER TL-D súper 80 18W/840 1SL
  - 2 PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
- Potencia:  $8 \times 18 = 144 \text{ W}$

###### 8.1.2. Zona duchas

- Solución adoptada:
  - 8 lámparas PHILIPS MASTER TL-D súper 80 18W/840 1SL
  - 2 PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
- Potencia:  $8 \times 18 = 144 \text{ W}$

##### 8.2. Zona de descanso

- Solución adoptada:
  - 15 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 5 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia  $15 \times 36 = 540 \text{ W}$



### 8.3. Vestuario chicos

#### 8.3.1. Zona taquillas

- Solución adoptada:
  - 16 PHILIPS MASTER TL-D super 80 18W/840 1SL
  - 4 PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
- Potencia: 16 x 18= 288 W

#### 8.3.2. Zona duchas

- Solución adoptada:
  - 12 PHILIPS MASTER TL-D super 80 18W/840 1SL
  - 3 PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
- Potencia: 12 x 18= 216 W

### 9. Módulo 2 vestuarios

#### 9.1. Zona taquillas

- Solución adoptada:
  - 8 PHILIPS MASTER TL-D super 80 18W/840 1SL
  - 2 PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
- Potencia: 8 x 18= 144 W

#### 9.2. Zona duchas

- Solución adoptada:
  - 12 PHILIPS MASTER TL-D super 80 18W/840 1SL
  - 3 PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
- Potencia: 12 x 18= 216 W

### 10. Cuarto bombeo sistema incendios

- Solución adoptada:
  - 15 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 5 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia: 15 x 36= 540 W

#### 1.3.10. Cálculo de alumbrado exterior

Además del cálculo del número de lámparas necesarias para el alumbrado exterior, también se debe calcular el ángulo que ha de tener el proyector, a través de la siguiente formula:

$$H = \frac{D}{\tan \alpha}$$

Donde:

H es la altura a la que se coloca las luminarias (metros).

D es la distancia que se quiere iluminar (metros).

$\alpha$  es el ángulo del proyector.

Para calcular la iluminación exterior se han supuesto 4 zonas diferentes correspondientes a las cuatro fachadas.



### 1.3.11. Solución adoptada

#### 1. Fachada principal

- Solución adoptada:

- 32 PHILIPS HPI-T PLUS 400W/643 E40 SLV

- 32 PHILIPS con TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50

- Potencia:  $32 \times 400 = 12800W$

#### 2. Fachadas laterales

Al ser las dos fachadas laterales idénticas en este punto se colocara el número total de lámparas y luminarias a colocar siendo la suma de las necesarias en cada una de las fachadas laterales.

- Solución adoptada:

- 5 PHILIPS HPI-T PLUS 400W/643 E40 SLV

- 5 PHILIPS con TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50

- Potencia:  $5 \times 400 = 2000W$  (por cada una de las fachadas laterales)

#### 3. Fachada trasera

- Solución adoptada:

- 13 PHILIPS HPI-T PLUS 400W/643 E40 SLV

- 13 PHILIPS con TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50

- Potencia:  $13 \times 400 = 5200W$

### 1.3.12. Alumbrado especial: de emergencia y señalización

Según la ITC-BT 28, las instalaciones destinadas al alumbrado especial tienen por objeto asegurar, aun faltando el alumbrado general, la iluminación en los locales y el acceso hasta las salidas, para una eventual evacuación de público o iluminar otros puntos que señalen (quirófanos, etc.).

Las líneas que alimentan directamente a los circuitos individuales de las lámparas de los alumbrados especiales, estarán protegidas por interruptores automáticos, con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no podrá alimentar más de 12 puntos de luz, o si en la misma dependencia existiesen varios puntos de luz de alumbrado especial, estos deben ser repartidos al menos en dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

Se distinguen dos tipos de alumbrado especial: de señalización y de emergencia.

- Alumbrado de señalización

El alumbrado de señalización se instala para funcionar de un modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezca con personas. Deberá estar alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normales, complementario o procedente de fuente propia de energía eléctrica admitida.

Deberá proporcionar una iluminación mínima de un lux en el eje de los



pasos principales. Si el suministro habitual del alumbrado de señalización falla, o su tensión baja a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del mismo debe pasar automáticamente al segundo suministro.

Se situara en las salidas de los locales y dependencias indicados en cada caso y en las señalizaciones indicadoras de la dirección de los mismos. Además, cuando los locales, dependencias o indicaciones que deben iluminarse con este alumbrado coinciden con los que precisan el de emergencia, los puntos de luz de ambos pueden ser los mismos.

- Alumbrado de emergencia

El alumbrado de emergencia debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación segura y fácil para las personas hacia el exterior. Solamente puede ser alimentado por fuentes propias de emergencia, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuentes de suministro exterior. Si esta fuente propia está constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se puede utilizar un suministro exterior para proceder a la carga.

Debe poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de un lux. Además, en los puntos en los que estén situados los equipos de las instalaciones de protección contra incendios que exijan utilización manual y en los cuadros de distribución del alumbrado, la iluminación de emergencia será como mínimo de 5 lux. Entrará en funcionamiento automáticamente al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje del 70% de su valor nominal.

Se situara en las salidas de los ocales y de las dependencias indicadas en cada caso y en las señales indicadoras de la dirección de los mismos. Cuando existe un cuadro principal de distribución, tanto el local donde está ubicado como sus accesos estarán provistos de este tipo de alumbrado.

Constaran con una instalación de alumbrado de emergencia las zonas siguientes:

- Todos los recintos cuya ocupación sea mayor de 100 personas.
- Los recorridos generales de evacuación de zonas destinadas a uso residencial o uso hospitalario, y de zonas destinadas a cualquier uso que este previsto para la evacuación de más de 100 personas.
- Todas las escaleras y pasillos protegidos, los vestíbulos previos y las escaleras de incendios.
- Los aparcamientos para más de 5 vehículos, incluidos los pasillos y escaleras que conduzcan desde aquellos hasta el exterior o hasta las zonas generales del edificio.
- Los locales de riesgo especial y los aseos generales de planta en edificios de acceso público.
- Los locales que alberguen equipos generales de las instalaciones de protección.
- Los cuadros de distribución de la instalación de alumbrado de las zonas antes citadas.

Para calcular el nivel de iluminación, se considera nulo el factor de reflexión sobre paredes y techo. Hay que considerar un factor de mantenimiento que englobe la reducción del rendimiento luminoso por suciedad y envejecimiento de las lámparas.

Como regla práctica para distribución de las luminarias de emergencia, se determinara que:



- La iluminancia mínima será de 5 lux.
- El flujo luminoso mínimo será de 30 lúmenes.
- La separación mínima será de  $h$ ; siendo  $h$  la altura de ubicación comprendida entre 2 y 2,5 metros.

Criterio de ubicación de las lámparas de emergencia

- En todas las puertas de las salidas de emergencia.
- Cerca de las escaleras para que todos los escalones queden iluminados.
- Cerca de los cambios de nivel del suelo.
- Para iluminar todas las salidas y señales de seguridad.
- Cerca de todos los cambios de dirección.
- Cerca de todas las intersecciones en los pasillos.
- Cerca de los equipos de extinción de fuego así como de puntos de alarma.
- En el exterior de los edificios junto a las salidas.
- Cerca de los puestos de socorro.
- En ascensores y montacargas.
- En todos los aseos y servicios.

### 1.3.13. Solución adoptada

#### 1. Zona descarga camiones

- Solución: Se utilizarán 9 luminarias de 100 lm y 12 de 770 lm
- Potencia:  $9 \times 6 + 12 \times 13 = 210 \text{ W}$

#### 2. Zona carga camiones

- Solución: Se utilizarán 9 luminarias de 100 lm y 12 de 770 lm
- Potencia:  $9 \times 6 + 12 \times 13 = 210 \text{ W}$

#### 3. Zona almacén 1

- Solución: Se utilizarán 11 luminarias de 100 lm y 48 de 770 lm
- Potencia:  $11 \times 6 + 48 \times 13 = 690 \text{ W}$

#### 4. Zona almacén 2

- Solución: Se utilizarán 11 luminarias de 100 lm y 48 de 770 lm
- Potencia:  $11 \times 6 + 48 \times 13 = 690 \text{ W}$

#### 5. Cargador baterías

- Solución: Se utilizará 1 de 770 lm
- Potencia:  $1 \times 13 = 13 \text{ W}$

#### 6. Zona mantenimiento

##### 6.1. Oficina mantenimiento

- Solución: Se utilizarán 11 luminarias de 100 lm y 48 de 770 lm
- Potencia:  $1 \times 6 + 1 \times 13 = 19 \text{ W}$

## 6.2. Mantenimiento

- Solución: Se utilizarán 11 luminarias de 100 lm y 48 de 770 lm
- Potencia:  $4 \times 6 + 4 \times 13 = 76 \text{ W}$

## 7. Zona oficinas

### 7.1. Oficina 1

- Solución: Se utilizarán 2 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $2 \times 6 = 12 \text{ W}$

### 7.2. Oficina 2

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm y
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

### 7.3. Oficina 3

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

### 7.4. Dirección

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

### 7.5. Secretaria dirección

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

### 7.6. Sala espera visitas

- Solución: Se utilizarán 2 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $2 \times 6 = 12 \text{ W}$

### 7.7. Sala de reuniones

- Solución: Se utilizarán 2 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $2 \times 6 = 12 \text{ W}$

### 7.8. Archivo

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

### 7.9. Almacén

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

### 7.10. Aseo 1

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm

- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

#### 7.11. Aseo minusválidos

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

#### 7.12. Aseo 2

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

#### 7.13. Aseo 3

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

#### 7.14. Entrada aseos

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

#### 7.15. Pasillos zona oficinas

##### 7.15.1. Pasillo 1

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

##### 7.15.2. Pasillo 2

- Solución: Se utilizarán 2 luminarias de 100 lm y 1 de 770 lm
- Potencia:  $2 \times 6 + 1 \times 13 = 25 \text{ W}$

##### 7.15.3. Pasillo 3

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

### 8. Módulo 1 vestuarios

#### 8.1. Vestuario chicas

##### 8.1.1. Zona taquillas

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

##### 8.1.2. Zona duchas

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

#### 8.2. Zona de descanso

- Solución: Se utilizarán 2 luminarias de 100 lm





- Potencia:  $2 \times 6 = 12 \text{ W}$

### 8.3. Vestuario chicos

#### 8.3.1. Zona taquillas

- Solución: Se utilizarán 2 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $2 \times 6 = 12 \text{ W}$

#### 8.3.2. Zona duchas

- Solución: Se utilizarán 2 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $2 \times 6 = 12 \text{ W}$

### 9. Módulo 2 vestuarios

#### 9.1. Zona taquillas

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

#### 9.2. Zona duchas

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Potencia:  $1 \times 6 = 6 \text{ W}$

### 10. Cuarto bombeo sistema incendios

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm y 1 de 770 lm
- Potencia:  $1 \times 6 + 1 \times 13 = 19 \text{ W}$

## 1.4. Tipos de receptores

### 1.4.1. Introducción

Los aparatos receptores para conseguir un buen funcionamiento deberán cumplir unos requisitos conformes a una correcta instalación, utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberían producir perturbaciones en las redes de distribución pública ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc.), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, que se produzcan durante el funcionamiento.

### 1.4.2. Motores

Según indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en su instrucción 47, las secciones mínimas que deben tener los conductores de conexión de los motores, con objeto de que no se produzcan en ellos un calentamiento excesivo serán las siguientes:

- Un solo motor: los conductores de conexión que alimentan a un solo motor deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la intensidad a plena carga del motor en cuestión.
- Varios motores: los conductores de conexión que alimentan a varios



motores deberán estar dimensionados para una intensidad no menor a la suma del 125% de la intensidad a plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga de todos los demás.

### 1.4.3. Receptores de alumbrado

Según indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en su instrucción 44, las instalaciones que contengan lámparas de descarga, deberán cumplir las siguientes condiciones:

- Los circuitos de alimentación de las lámparas o tubos de descarga estarán previstos para transportar la carga debida a los propios receptores, a sus elementos asociados y a sus corrientes armónicas y de arranque.
- La carga mínima prevista en voltiamperios será de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas.
- En el caso de distribuciones monofásicas, el conductor neutro tendrá la misma sección que los de fase.
- Será obligatoria la compensación de potencia hasta un valor mínimo de 0,9.

### 1.4.4. Tomas de corriente

#### 1.4.4.1. Introducción

Se han colocado tomas de corriente trifásicas y monofásicas en las zonas de almacenamiento 1 y 2 en la zona de mantenimiento y en la zona de bombeo del sistema contra incendios. También se han colocado tomas monofásicas en los vestuarios y aseos de la nave y en todas las estancias de la zona de oficinas así como en la sala de descanso, de la forma más conveniente para su posterior utilización. En la zona de carga de baterías, se colocaran tomas de corriente trifásicas. Las tomas de corriente utilizadas en el presente proyecto son de la marca Legrand.

#### 1.4.4.2. Tipos de tomas de corriente

Las tomas de corriente que se van a colocar en este proyecto serán tanto monofásicas como trifásicas, definiéndolas de la siguiente manera:

- Toma de corriente monofásica de 16A a 230V. (2p+T).
- Toma de corriente trifásica de 16A a 400V. (3p+T)

#### 1.4.4.3. Situación de las tomas de corriente

Las tomas de corriente irán fijadas a las paredes por sus medios convencionales a una altura de 40 cm en la zona de oficinas excepto en aseos que irán fijadas a una altura de 1 m, quedando distribuidas de la siguiente manera:

Zona	Sala	Nº tomas de 16 A monofásicas	Nº tomas de 16 A trifásicas
Cargador baterías		-	7
Zona descarga camiones		8	-
Zona descarga camiones		8	-
Almacén 1		15	6
Almacén 2		15	6

Zona grupo bombeo sistema contra incendios		3	3	
Zona mantenimiento	Oficina mantenimiento	4	1	
	Mantenimiento	9	6	
Zona oficinas	Oficina 1	4	1	
	Oficina 2	4	1	
	Oficina 3	4	1	
	Dirección	3	1	
	Secretaria dirección	3	1	
	Sala espera visitas	6	1	
	Sala de reuniones	7	1	
	Archivo	2	-	
	Almacén	1	-	
	Aseo 1	2	-	
	Aseo minusválidos	2	-	
	Aseo 2	2	-	
	Aseo3	3	-	
	Entrada aseos	1	-	
	Pasillo 1	1	-	
	Pasillo 2	5	-	
	Pasillo 3	1	-	
Módulo 1 vestuarios	Vestuario chicas	Zona taquillas	2	-
		Zona duchas	3	-
	Zona descanso		8	
	Vestuario chicos	Zona taquillas	3	-
		Zona duchas	3	-
Módulo 2 vestuarios		Zona taquillas	2	-
		Zona duchas	3	-
TOTAL		137	29	

#### 1.4.5. Interruptores

Los interruptores escogidos en el presente proyecto y los cuales se utilizan para el encendido y apagado del alumbrado de las distintas zonas en las que está dividida la nave. Los interruptores son de la marca Legrand.

#### 1.5. Previsión de cargas

La potencia total demandada es de 541,732 kW, distribuida en diferentes cuadros y subcuadros desde donde se alimentan todos los circuitos y receptores de la nave.

- Cuadro general de distribución

Circuito	Descripción circuito	P (W)	V (V)	cosφ	I <sub>n</sub> (A)	I <sub>c</sub> (A)	Fase
L1	Cuadro zona cargadores baterías	24385	400	0,82	41,67	52,74	trifásica
L2	Cuadro alumbrado exterior	22000	400	0,8	39,69	57,21	trifásica
L3	Cuadro auxiliar 1	66232	400	0,86	144,35	152,5	trifásica
L4	Cuadro auxiliar 2	58960	400	0,86	110,84	132,05	trifásica

L5	Cuadro auxiliar 3	74340	400	0,83	145,67	184,3	trifásica
L6	Cuadro auxiliar 4	74340	400	0,83	145,67	184,3	trifásica
L7	Cuadro auxiliar 5	22803	400	0,85	71,7	50,3	trifásica
L8	Cuadro auxiliar 6	161361	400	0,87	252,47	297,27	trifásica
L9	Cuadro auxiliar 7	37311	400	0,86	108,22	89,99	trifásica
TOTAL		541732		0,84	1060,28	1200,66	

- Cuadro zona cargadores de baterías

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\varphi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
CCB1	Alumbrado zona cargadores baterías	1972	400	0,8	3,56	1,8	0,8	5,12
CCB2	Alumbrado emergencia zona cargadores baterías	13	230	0,8	0,07	1	1	0,07
CCB3	Fuerza zona cargadores baterías	22400	400	0,85	38,04	1,25	0,7	47,55
TOTAL		24385		0,82	41,67			52,74

- Cuadro alumbrado exterior

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	cos $\varphi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
CAE1	Línea 1 alumbrado exterior (19 lámparas)	7600	400	0,8	13,71	1,8	0,8	19,79
CAE2	Línea 2 alumbrado exterior (18 lámparas)	7200	400	0,8	12,99	1,8	0,8	18,71
CAE3	Línea 3 alumbrado exterior (18 lámparas)	7200	400	0,8	12,99	1,8	0,8	18,71
TOTAL		22000		0,8	39,69			57,21

- Cuadro auxiliar 1 (carga camiones)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\varphi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C11	Motores puertas 1-8	12000	400	0,9	19,25	1,25	1	24,06
C12	Motores puertas 9-16	12000	400	0,9	19,25	1,25	1	24,06
C13	Motores puertas 17-23	10500	400	0,9	16,84	1,25	1	21,05
C14	Alumbrado interior (16 lámparas)	6400	400	0,8	11,55	1,8	0,8	16,63
C15	Alumbrado interior (16 lámparas)	6400	400	0,8	11,55	1,8	0,8	16,63
C16	Alumbrado interior (35 lámparas)	6360	400	0,8	11,48	1,8	0,8	16,52
C17	Alumbrado emergencia 1	132	230	0,8	0,72	1	1	0,72
C18	Alumbrado emergencia 2	123	230	0,8	0,67	1	1	0,67
C19	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C110	Extractores	2000	400	0,9	3,21	1,25	1	4,01
C111	Seca manos	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C112	termo	3450	230	0,9	16,67	1	0,7	11,669
TOTAL		66232		0,86	144,35			152,50

- Cuadro auxiliar 2 (descarga camiones)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\varphi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C21	Motores puertas 24-31	12000	400	0,9	19,25	1,25	1	24,06

C22	Motores puertas 32-39	12000	400	0,9	19,25	1,25	1	24,06
C23	Motores puertas 40-47	10500	400	0,9	16,84	1,25	1	21,05
C24	Alumbrado interior (16 lámparas)	6400	400	0,8	11,55	1,8	0,8	16,63
C25	Alumbrado interior (16 lámparas)	6400	400	0,8	11,55	1,8	0,8	16,63
C26	Alumbrado interior (15 lámparas)	6000	400	0,8	10,83	1,8	0,8	15,59
C27	Alumbrado emergencia 1	114	230	0,8	0,62	1	1	0,62
C28	Alumbrado emergencia 2	123	230	0,8	0,67	1	1	0,67
C29	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C210	Extractores	2000	400	0,9	3,21	1,25	1	4,01
TOTAL		58960		0,86	110,84			132,05

- Cuadro auxiliar 3 (almacén 1)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\phi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C31	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C32	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C33	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C34	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C35	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C36	Alumbrado interior (23 lámparas)	9200	400	0,8	16,6	1,8	0,8	23,9
C37	Alumbrado emergencia 1	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C38	Alumbrado emergencia 2	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C39	Alumbrado emergencia 3	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C310	Alumbrado emergencia 4	144	230	0,8	0,78	1	1	0,78
C311	Alumbrado emergencia 5	114	230	0,8	0,62	1	1	0,62
C312	Alumbrado emergencia 6	114	230	0,8	0,62	1	1	0,62
C313	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C314	Tomas corriente trifásicas	5000	400	0,9	8,02	1	0,5	4,01
C315	Extractores	2000	400	0,9	3,21	1,25	1	4,01
TOTAL		74340		0,83	145,67			184,3

- Cuadro auxiliar 4 (almacén 2)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\phi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C41	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C42	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C43	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C44	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C45	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C46	Alumbrado interior (23 lámparas)	9200	400	0,8	16,6	1,8	0,8	23,9
C47	Alumbrado emergencia 1	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C48	Alumbrado emergencia 2	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C49	Alumbrado emergencia 3	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C410	Alumbrado emergencia 4	144	230	0,8	0,78	1	1	0,78
C411	Alumbrado emergencia 5	114	230	0,8	0,62	1	1	0,62
C412	Alumbrado emergencia 6	114	230	0,8	0,62	1	1	0,62
C413	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C414	Tomas corriente trifásicas	5000	400	0,9	8,02	1	0,5	4,01
C415	Extractores	2000	400	0,9	3,21	1,25	1	4,01
TOTAL		74340		0,83	145,67			184,3

## - Cuadro auxiliar 5 (oficinas)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\phi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C51	Alumbrado interior oficinas 1 (76 lámparas)	2736	400	0,8	4,94	1,8	0,8	7,11
C52	Alumbrado interior oficinas 2 (76 lámparas)	2736	400	0,8	4,94	1,8	0,8	7,11
C53	Alumbrado interior aseos (17 lámparas)	442	400	0,8	0,8	1,8	0,8	1,15
C54	Alumbrado emergencia 1	99	230	0,8	0,54	1	1	0,54
C55	Alumbrado emergencia 2	103	230	0,8	0,56	1	1	0,56
C56	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C57	Tomas corriente ordenadores	3450	230	0,9	16,67	1	0,6	10
C58	Seca manos	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C59	Aire acondicionado	6400	400	0,9	10,26	1	0,7	7,19
TOTAL		22803		0,85	71,7			50,3

## - Cuadro auxiliar 6 (bomba incendios)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\phi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C61	Alumbrado interior (15 lámparas)	540	400	0,8	0,97	1,8	0,8	1,4
C62	Alumbrado emergencia	19	230	0,8	0,1	1	1	0,1
C63	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C64	Tomas corriente trifásicas	5000	400	0,9	8,02	1	0,5	4,01
C65	Grupo de bombeo sistema contra incendios	152352	400	0,97	226,7	1,25	1	283,38
TOTAL		161361		0,87	252,47			297,27

## - Cuadro auxiliar 7 (modulo 1 vestuarios y zona mantenimiento)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\phi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C71	Alumbrado interior mantenimiento (33 lámparas)	13200	400	0,8	23,82	1,8	0,8	34,29
C72	Alumbrado interior zona descanso y oficina mantenimiento (66 lámparas)	2376	400	0,8	4,29	1,8	0,8	6,17
C73	Alumbrado interior vestuarios (44 lámparas)	792	400	0,8	1,43	1,8	0,8	2,06
C74	Alumbrado emergencia 1	110	230	0,8	0,6	1	1	0,6
C75	Alumbrado emergencia 2	72	230	0,8	0,39	1	1	0,39
C76	Seca manos	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C77	Tomas corriente ordenadores	3450	230	0,9	16,67	1	0,6	10
C78	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C79	Tomas corriente trifásicas	5000	400	0,9	8,02	1	0,5	4,01
C710	Extractores	2000	400	0,9	3,21	1,25	1	4,01
C711	termos	3450	230	0,9	16,67	1	0,7	11,669
TOTAL		37311		0,86	108,22			89,99



## 1.6. Instalación de enlace

### 1.6.1. Introducción

Se define la instalación de enlace, como el conjunto de conductores y elementos de tipo eléctrico, que establecen la conexión entre la red de distribución pública y las instalaciones interiores.

En este caso la línea de enlace va desde la línea de distribución pública propiedad de IBERDROLA S.A. que discurre enterrada por la acera de la calle del plástico en el polígono Miralcampo de Azuqueca de Henares, hasta el centro de transformación de la nave.

### 1.6.2. Solución adoptada

La línea de enlace estará incluida dentro del anillo de alimentación que proporciona IBERDROLA S.A. a sus abonados en el polígono industrial Miralcampo

- Naturaleza del conductor: Aluminio
- Designación UNE: DHZ1-12/20 kV
- Sección: 150 mm<sup>2</sup>
- Tensión nominal 20 kV
- Tensión prueba- 5min: 30kV
- Nivel de aislamiento a impulsos: 125 kV
- Aislamiento: EPR
- Diámetro exterior: 26,2mm
- Intensidad admisible en régimen permanente, 1 terno a 1 m de profundidad a 25 °C: 330 A
- Longitud del conductor: 15 m

Para el tendido de los conductores se realiza una zanja de 0,70 m de anchura y una profundidad de 1,2 m. en el fondo de la cual se colocarán dos tubos de PVC rígido de 180 mm de diámetro exterior y 0,6mm de espesor, según determina la ITC-BT 21 en la tabla N° 9. En el interior de uno de ellos se alojarán los conductores, quedando el otro de reserva.

Los tubos estarán perfectamente asentados sobre un lecho de hormigón y cubiertos por el mismo material con una capa de 8 cm de espesor. Encima de dicha capa se colocara una cinta de señalización de polietileno y se rellenara la zanja con zahorra debidamente compactada.

El cable a utilizar para cada una de las fases será de una sola pieza, y contará en sus extremos con botellas terminales, aptas para el servicio correspondiente al punto de instalación.

Al realizar el tendido de los conductores, se dejará un pequeño bucle tanteo en la arqueta de conexión, como en la de llegada al centro de transformación. Esto evitara tener que empalmar cable en caso de fallo de una botella terminal.

Al objeto de facilitar el tendido y posterior mantenimiento de los conductores, se colocaran arquetas provistas de marcos y tapas de hierro fundido.

Para la elección de los cables tal como define esta instrucción se deberá tener en cuenta que los cables serán no propagadores del incendio y con emisión humos y opacidad reducida y cumplirán con las normas UNE 21123 y UNE 2111002.

Para el cálculo de la sección de los cables se tendrá en cuenta la potencia prevista por el usuario, cumpliendo el criterio de intensidades admisibles, teniendo en cuenta lo que se indica en lo dispuesto en ITC-BT 07 para cables aislados en el interior de tubos enterrados.





## 1.7. Conductores y cables eléctricos

### 1.7.1. Introducción

La conducción eléctrica se va a realizar desde el centro de transformación a los distintos receptores de la instalación. La instalación es de baja tensión y por tanto, se emplearan tensiones normalizadas como indica el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Se emplearan unas tensiones nominales en corriente alterna de 230 V entre fase y neutro y de 400 V entre fases, para las redes trifásicas de cuatro conductores.

Los conductores de corriente eléctrica se deberán calcular de modo que tengan la resistencia mecánica suficiente para las conducciones de la línea y además no sufran calentamientos excesivos, así como una caída de tensión en el propio conductor dentro de los límites establecidos por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

### 1.7.2. Tipos de conductores

Se llaman conductores eléctricos a los materiales que puestos en contacto con un cuerpo cargado de electricidad transmite ésta a todos los puntos de su superficie. Los mejores conductores eléctricos son los metales y sus aleaciones. Existen otros materiales, no metálicos, que también poseen la propiedad de conducir la electricidad. Para el transporte de la energía eléctrica, así como para cualquier instalación de uso doméstico o industrial, el metal empleado universalmente es el cobre en forma de cables de uno o varios hilos. Alternativamente se emplea el aluminio, metal que si bien tiene una conductividad eléctrica del orden del 60% de la del cobre es, sin embargo, un material mucho más ligero, lo que favorece su empleo en líneas de transmisión de energía eléctrica en las redes de alta tensión. Para aplicaciones especiales se utiliza como conductor el oro.

- Partes que componen un conductor eléctrico
  - Alma o elemento conductor: Se fabrica en cobre o aluminio y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, viviendas, centros comerciales, etc.).  
Dependiendo de la forma cómo esté constituida el alma se pueden clasificar los conductores eléctricos de la siguiente manera:
    - Alambre: Conductor eléctrico cuya alma conductora está formado por un solo elemento o hilo conductor. Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en conducto o directamente sobre aisladores.
    - Cable: conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de reducida sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.
  - Aislamiento: El objetivo del aislamiento en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas, con objetos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, el aislamiento debe evitar que conductores de distinta tensión puedan hacer contacto entre sí.  
Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para





formar una nueva molécula más gruesa.

Los diferentes tipos de aislamiento de los conductores están dados por su comportamiento térmico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a la que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para el aislamiento de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el polietileno reticulado XLPE, la goma y el caucho.

- Cubiertas protectoras: El objetivo fundamental de esta parte en un conductor es proteger la integridad del aislamiento y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc. Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina armadura. Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En caso de que la protección, en vez de cinta este constituida por alambres de cobre, se le denominara pantalla.
- Conductores activos  
Son los destinados a la transmisión de la energía eléctrica. Esta consideración se aplica a los conductores de fase y al conductor de neutro en corriente alterna. Los conductores serán de cobre o de aluminio, y serán siempre aislados, exceptuando cuando vayan montados sobre aisladores, tal y como establece el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en la instrucción 19.
- Conductor neutro  
Según la ITC-BT 19, en las instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor de neutro será mínimo igual a la de las fases.  
Para hallar la sección de los neutros en los tramos subterráneos se utiliza la tabla 7.1 de la ITC-BT 07. A cada sección de fase y tipo de conductor le corresponde sección de neutro.
- Conductores de protección  
Estos conductores sirven para conectar las masas de la instalación con la puesta a tierra. Es decir, son conductores que en condiciones normales no soportan tensión. Los conductores de protección tendrán una sección mínima, en función de la sección de los conductores de fase de la instalación como se muestra en la siguiente tabla:

Sección de los conductores de fase (mm <sup>2</sup> )	Sección mínima de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S
$16 \leq S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2
Se respetará siempre un mínimo de 2,5 mm <sup>2</sup> si disponen de protección mecánica y de 4 mm <sup>2</sup> si no la tienen.	

Los conductores de protección irán bajo los mismos tubos que los conductores de fase y las conexiones se realizarán por medio de empalmes, y por piezas de conexión de apriete por rosca.

Las instalaciones se subdividirán de forma que las perturbaciones



originadas por averías que puedan producirse en un punto de ellas, afectan solamente a ciertas partes de la instalación.

Para que se mantenga el mayor equilibrio posible en la carga de los conductores que forman parte de la instalación, se procurará que aquella quede repartida entre sus fases.

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia de, por lo menos, 3 cm.

### 1.7.3. Sección del conductor

En primer lugar se ha de calcular cual va a ser la sección adecuada que ha de tener el conductor a lo largo de la instalación. Esta sección ha de cumplir lo establecido en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. Los factores que influyen y que por lo tanto se han de tener en cuenta a la hora de calcular la sección de los conductores son las siguientes:

- Calentamiento de los conductores

La temperatura hace que la resistencia de un conductor varíe, por ejemplo, cuanto más caliente está, más se opone el conductor al paso de la electricidad. Los conductores se calientan por efecto de la propia corriente que por el circula, lo cual se debe a la resistencia del conductor, obviamente, cuanto más elevada es la corriente mayor será el calentamiento y por lo tanto, mayor pérdida de energía en forma de calor.

- Caída de tensión

La circulación de corriente a través de los conductores, ocasiona una pérdida de potencia transportada por el cable, y una caída de tensión o diferencia entre las tensiones en el origen y el extremo de la canalización. Esta caída de tensión debe ser inferior a los límites marcados por el reglamento en cada parte de la instalación, con el objeto de garantizar el funcionamiento de los receptores alimentados por el cable. Este criterio suele ser el determinante cuando las líneas son de larga longitud, por ejemplo, en derivaciones individuales que alimentan a los últimos pisos en un edificio de cierta altura.

Para el caso de instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior tiene el origen en la salida del transformador y que las caídas de tensión admisibles son de 4,5% par alumbrado y del 6,5% para el resto de usos.

### 1.7.4. Canalizaciones

Las canalizaciones eléctricas son los elementos utilizados para conducir los conductores eléctricos entre las diferentes partes de la instalación eléctrica. Las canalizaciones eléctricas persiguen proveer de resguardo, seguridad a los conductores a la vez que propiciar un camino adecuado por donde colocar los conductores.

En general, las canalizaciones se pueden agrupar en cuatro grandes apartados:

- Canalizaciones fijas: Son aquellas en las que es preciso desconectar la instalación para su modificación, lo que requiere trabajos de desmontaje. Estas canalizaciones alimentan aparatos fijos. Un ejemplo sería la instalación de un edificio.
- Canalizaciones semifijas: El desplazamiento de los equipos se



efectuara después de dejarlos sin tensión, aunque permanezcan acoplados a la red. En el caso de algunos equipos de extracción minera o de obras públicas.

- Canalizaciones semimóviles: Permiten el desplazamiento ocasional de los equipos bajo tensión durante su funcionamiento. Alimentan aparatos semimóviles, tales como lámparas de pie máquinas de oficina.
- Canalizaciones móviles: Permiten el desplazamiento de los equipos en tensión durante su funcionamiento. Alimentan aparatos móviles. Por ejemplo grúas, ascensores, montacargas, equipos de máquinas de extracción minera, herramientas portátiles, etc.

Evidentemente la naturaleza de la canalización determina el tipo de cable adecuado al servicio de que se trate.

En el presente proyecto se ha de utilizar canalización fija. Algunas de estas variantes son: cables desnudos colocados sobre aisladores, conductores aislados bajo molduras, conductores aislados fijados sobre aisladores, etc.

Cuando las canalizaciones pasen a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, se realizara de acuerdo con prescripciones tales como: las canalizaciones estarán protegidas contra deterioros mecánicos, en toda la longitud de los pasos no habrá empalmes o derivaciones, se usaran tubos no obturados, etc.

La solución más empleada hoy en día es la de conductores aislados sobre bandejas o a través de tubos.

- Tubos protectores

Dependiendo de las actividades que se desarrollen en cada zona y del lugar por donde vayan a ser colocados se podrán elegir algunas de estas opciones: tubos metálicos rígidos blindados, tubos metálicos rígidos blindados con aislamiento interior, tubos aislantes rígidos normales curvables, tubo aislante flexible normal, tubo PVC rígido, etc.

A la hora de calcular el diámetro mínimo de los tubos protectores que contienen a las diversas líneas de la instalación se debe tener en cuenta el número, tipo y sección de los conductores, así como el tipo de instalación. Para ello, en la instrucción complementaria ITC-BT 21, se establecen una serie de tablas con los diámetros mínimos de los tubos protectores, en función de los factores antes citados.

Los tubos deberán soportar como mínimo sin deformación alguna, 60 grados centígrados para los tubos aislantes constituidos por PVC o polietileno y 70 grados centígrados para los tubos metálicos con forros aislantes de papel impregnado.

- Canalización bajo tubos protectores

Para la colocación de las canalizaciones bajo tubos protectores tendremos que tener en cuenta las consideraciones siguientes:

- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originaran reducciones de sección admisibles.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes.



- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante.

Cuando los tubos se coloquen en montaje superficial se tendrán en cuenta, además, las siguientes prescripciones:

- Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas. La distancia entre estas será, como máximo, de 0,5 metros.
- Es conveniente disponer de tubos normales, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,5 metros sobre el suelo, con objeto de protegerlos de eventuales daños mecánicos.
- En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos del mismo separados entre sí 5 centímetros.
- En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o "T" apropiados.

La elección definitiva de los tubos con sus diámetros correspondientes está especificada en el documento cálculos del presente proyecto, mientras que su emplazamiento y forma de colocación está especificada en el documento planos.

#### 1.7.5. Normas para la elección de los cables y tubos

Además de los expuestos anteriormente para el cálculo del conductor, se harán las siguientes consideraciones a la hora de elegir el cable:

- El aislamiento del cable ha de ser tal que asegure en su parte conductora una continuidad eléctrica duradera. Normalmente el aislamiento del cable se determina con los picos de tensión que este tiene que soportar en cualquier momento.
- La sección del cable a colocar en el alumbrado normalmente la determina la caída de tensión (si la longitud no es pequeña). La sección de los conductores de fuerza la determina la corriente a transportar y el calentamiento que esta puede producir, de tal forma que nunca se superen temperaturas determinadas por encima de las cuales el cable se deteriora.
- El cable elegido, teniendo en cuenta todo lo anteriormente expuesto, será capaz de soportar los cortocircuitos que puedan producirse, mejor que cualquier otra parte de la instalación. Se preverá que la temperatura y los esfuerzos electro dinámicos producidos por el cortocircuito, no deterioren en ningún momento el cable.

Además de tener en cuenta todo lo expuesto anteriormente, se harán las siguientes consideraciones para la elección del tubo protector de los conductores:

- Los diámetros de los tubos se eligen de acuerdo a las tablas que aparecen en la instrucción 21 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. En estas tablas viene expresado el diámetro interior mínimo en función del número, clase y sección de los conductores que ha de alojar, según el sistema de instalación y la clase de los tubos.
- Para más de cinco conductores por tubo o para conductores de secciones diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección inferior de este, ha de ser como mínimo, igual a tres veces la sección total ocupada por los conductores.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores



en los tubos después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo para ello los registros que se consideren convenientes y que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 25 metros. Las conexiones entre los conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante.

#### **1.7.6. Código de colores**

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor de protección y al neutro. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Al conductor de protección se le identificará por el color verde-amarillo. El conductor de neutro se identificará por el color azul. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón o negro. Cuando se considere necesario identificar tres fases, se utilizará también el color gris.

#### **1.7.7. Soluciones adoptadas**

##### **1.7.7.1. Conductores**

Según las características de los elementos a alimentar, así como su ubicación, etc., se han de utilizar distintos tipos de conductores. El material del conductor será en todos casos de cobre.

- **Acometida**

La canalización de la acometida se hará enterrada a una profundidad de 0,7 metros. El conductor utilizado para la distribución de la energía desde el centro de transformación, hasta el cuadro general de distribución será el siguiente:

- Marca: General Cable ; Tensión nominal 0,6/1kV

- **Instalación interior**

- Marca: General Cable; Tensión nominal 0,6/1kV

- **Alumbrado de emergencia**

- Marca: General Cable; Tensión nominal 0,6/1kV

- **Alumbrado exterior**

- Marca: General Cable; Tensión nominal 0,6/1kV

Los conductores tendrán una sección suficiente para que las caídas de tensión, conforme al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y contada desde el origen de la instalación no exceda del 4,5% para el alumbrado y del 6,5% para la fuerza, siendo las intensidades admisibles por los conductores, en todos los casos, siempre superiores a la máxima previsible para cada circuito de la instalación. Las secciones adoptadas, se justifican en el documento de cálculos del presente proyecto, tanto por lo que se refiere a intensidades máximas admisibles como a caída de tensión.

##### **1.7.7.2. Características de los tipos de conductores escogidos**

Todas las características relativas a los conductores elegidos se pueden obtener a través de los catálogos o páginas Web de los fabricantes.



### 1.7.7.3. Canalizaciones

- Líneas generales

La canalización de las líneas generales de la nave se realizara a través de: Bandejas porta cables perforadas de malla de acero galvanizado de dimensiones 400 x 100 mm para los cuadros auxiliares 1, 2, 3 y 4 y a la zona de carga de baterías. Las líneas partirán desde el cuadro generales de distribución hasta la bandeja, que estará situada a 6,5 m del suelo, y desde aquí las líneas se llevaran a los cuadros auxiliares 1, 2, 3 y 4 y a la zona de carga de baterías. Los cuadros auxiliares 5 y 7 y al cuadro de alumbrado exterior se realizara bajo tubo y al cuadro auxiliar 6 por medio de tubo enterrado.

- Líneas secundarias

La canalización de las líneas que alimentan los motores de las puertas de las zonas de carga y descarga de camiones, se realizara partiendo desde el cuadro secundario correspondiente, subiendo los conductores en el interior de tu grapado a la pared hasta la altura a la que esta colocada la bandeja, desde la bandeja se bajara por medio de tubos grapados a la pared hasta la altura de cada motor.

La canalización de las líneas que alimentan aparatos de alumbrado en las zonas de carga, descarga de camiones, almacenes 1 y 2 y zona de mantenimiento se realizaran de igual manera, partiendo del cuadro correspondiente, subiendo los conductores en el interior de tu grapado a la pared hasta la altura a la que esta colocada la bandeja. Se llevara a través de la bandeja que rodea cada zona y desde aquí se distribuirán bajo tubo grapadas por el techo hasta la posición de cada luminaria.

La canalización de la zona de oficinas así como de los dos módulos de vestuarios, zona de descanso y oficina de mantenimiento se realizara a través de tubos de PVC que irán a través del falso techo o empotrado en las paredes según convenga.

Para el alumbrado exterior se realizara bajo tubo grapado a la fachada de la nave

## 1.8. Cuadros eléctricos

### 1.8.1. Interconexión de las distintas partes de la instalación

El cuadro eléctrico es el punto de paso de la corriente eléctrica y en el que se deben instalar los dispositivos generales e individuales de mando y protección de una instalación eléctrica.

La instalación debe subdividirse convenientemente, de forma que una avería en algún punto de la misma solo afecte a un sector limitado de ella. Este hecho se consigue mediante la colocación de dispositivos de protección coordinados y diseñados de forma que se asegure la selectividad necesaria de la instalación. En este sentido se recomienda un sistema de cuadros que incluya:

- Un cuadro general de distribución, del que partirán las líneas que distribuyen la energía hasta los cuadros secundarios.
- Una serie de cuadros secundarios de distribución, derivados de los anteriores. De estos cuadros secundarios, si fuese necesario, podrán derivarse a su vez otros cuadros.

### 1.8.2. Ubicación

El cuadro general de distribución deberá instalarse en una zona de servicio a la que no tenga acceso al público, a poder ser en el punto más próximo posible a la





entrada de la acometida o derivación individual y se colocaran junto o sobre él, los dispositivos de mando y protección que se establecen en el apartado siguiente. Cuando no sea posible la instalación de estos cuadros en este punto próximo a la entrada de la acometida, se instalara en dicho punto, y dentro de un armario o cofre, un dispositivo de mando y protección (interruptor automático magnetotérmico) para cada una de las líneas. Estos cuadros estarán separados de los locales donde exista peligro de incendio por medio de elementos a prueba de incendios y puertas resistentes al fuego.

Los cuadros secundarios, se instalaran en lugares a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro de incendio o pánico (como salas de público), por medio de elementos a prueba de incendios y puertas resistentes al fuego, preferiblemente en vestíbulos o pasillos nunca en consultas.

Todos los cuadros deberán disponer de los correspondientes cierres de seguridad que impidan que personas ajenas al equipo de mantenimiento pudieran manipular en su interior.

### 1.8.3. Composición

Los dispositivos generales e individuales de mando y protección, cuya posición de servicio será vertical, se ubicaran en el interior de los cuadros eléctricos de donde partirán los circuitos interiores, y constaran como mínimo de los siguientes elementos:

- Un interruptor general automático de corte omipolar, que permita su accionamiento y que este dotado de elemento de protección contra sobrecargas y cortocircuitos. Este interruptor será independiente, si existe, del interruptor de control de potencia. Este interruptor servirá de protección general con los sistemas aguas abajo, con los que deberá estar coordinado para que exista la correspondiente selectividad. Este interruptor deberá llevar asociada una protección diferencial, destinada a la protección contra contactos indirectos. Con esta protección en el origen de la instalación se consigue proteger mediante diferenciales toda la instalación y al mismo tiempo conseguir una elevada continuidad de servicio, pues permite actuar en el fallo fase-masa en los niveles superiores de distribución, o como protección de los usuarios si alguno de los diferenciales ubicados aguas abajo (en los cuadros secundarios, por ejemplo) quedara fuera de servicio de forma accidental o intencionada. Este diferencial en el origen de la instalación, se encontrara en serie con diferenciales instalados aguas abajo por lo que deberá establecerse la adecuada selectividad y retardo de tiempo.
- Las líneas que partiendo de estos cuadros alimenten otros cuadros secundarios deberán disponer de dispositivos de corte omipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones.
- Si además de estos cuadros parten líneas para la alimentación directa de alguna carga, cada uno de los circuitos deberá contar con los siguientes dispositivos:
  - Dispositivos de corte omipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
  - Un interruptor diferencial, destinado a la protección contra contactos indirectos en los mencionados circuitos, que deberá establecerse con la correspondiente selectividad





respecto a la protección diferencial dispuesta en la cabecera de la instalación.

- Cuadros secundarios

- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento y que este dotado de elemento de protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Un interruptor diferencial, destinado a la protección contra contactos indirectos de todos los circuitos, y selectivos respecto a la protección diferencial colocada aguas arriba.
- Dispositivos de corte omnipolar destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los diferentes circuitos.
- Dispositivos de protección contra sobretensiones.

#### 1.8.4. Características de los cuadros de distribución

Las dimensiones del cuadro que se elija para la ubicación de toda la aparamenta necesaria para la protección, control y maniobra de los circuitos que partirán de él, axial como del nivel de segregación que se pretenda aplicar, debe ser al menos un 30% superior a la dimensión obtenida en su cálculo, posibilitando de esta forma posibles ampliaciones en la instalación.

Las envolventes de los cuadros se ajustarán a las normas UNE 20451 y UNE-EN 60493-3, con un grado mínimo de protección IP30 según UNE 20324 y de protección mecánica mínima IK07 según UNE 50102.

La elección de los cuadros debe realizarse de modo que se permita la sustitución de cualquiera de sus componentes en el mínimo tiempo posible, evitando siempre la necesidad de desmontar otros no implicados en la sustitución.

Cada cuadro deberá incluir además sinóptico con el esquema unifilar correspondiente.

#### 1.8.5. Características de los circuitos

De los cuadros generales saldrán las líneas que alimentan directamente aparatos receptores o bien las líneas generales de distribución que conectarán los cuadros secundarios de distribución, de los que partirán los distintos circuitos alimentadores.

Deberán preverse circuitos distintos para las partes de la instalación que es necesario controlar separadamente, tales como alumbrado, tomas de corriente, alimentación de máquinas, etc., de forma que no se vean afectados dichos circuitos por el fallo de otros, o incluso por su normal funcionamiento como consecuencia de las perturbaciones que se puedan introducir en la red por parte de alguno de los receptores.

Todos los circuitos deben quedar identificados en sus puntos extremos, así como en las cajas mediante etiquetas donde vendrá indicado, de manera clara, indeleble y permanente, su destino, cuadro de procedencia e interruptor que le protege.

Además para distribución de los circuitos interiores se deberá seguir la pauta marcada en los siguientes puntos:

- Se debe instalar uno o varios interruptores diferenciales, garantizando la protección con sensibilidad máxima de 30mA en todos los circuitos que estén al acceso de personas (en aquellos otros en los que no sea posible el contacto indirecto, por ejemplo, tramos enterrados, tramos entre cuadros inaccesibles, etc., o en aquellos en los que la continuidad del suministro sea fundamental, podrá admitirse el empleo de diferenciales de sensibilidad 300mA o superior).



- En los receptores especialmente problemáticos (ya sea por el tipo de corriente que generan, por su potencia, por la probabilidad de fallos de aislamiento, etc.) se optara por utilizar un diferencial para cada receptor, con el objeto de que la actuación del mismo no suponga la desconexión de otras partes de la instalación.
- En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público en general (por ejemplo, vestíbulos, pasillos, corredores, salas de espera y salas de juntas), el número de líneas secundarias y su disposición en relación con el total de lámparas a alimentar, deberá ser tal que el corte de corriente en cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas en los locales o dependencias que se iluminan alimentadas por dichas líneas. Cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos y contactos indirectos.
- Los circuitos para el alumbrado de seguridad, en el caso que alimenten aparatos autónomos, podrán estar conectados al circuito de alumbrado normal, debiendo existir un interruptor manual que permita la desconexión del alumbrado normal sin desconectar el alumbrado de emergencia.

## 1.9. Protecciones en baja tensión

### 1.9.1. Introducción

Toda instalación eléctrica tiene que estar dotada de una serie de protecciones que la hagan segura, tanto desde el punto de vista del conductor y los aparatos a ellos conectados, como de las personas que han de trabajar con ellas.

Existen muchos tipos de protecciones, que pueden hacer a una instalación eléctrica completamente segura ante cualquier contingencia, pero hay tres que deben usarse en todo tipo de instalación: de alumbrado, de fuerza, domesticas, redes de distribución, circuitos auxiliares, etc., ya sea en alta como en baja tensión.

En las instalaciones de baja tensión, y de acuerdo con las instrucciones 22, 23 y 24 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, debemos considerar las siguientes protecciones:

- Protección de la instalación:
  - Contra sobrecargas.
  - Contra cortocircuitos.
- Protecciones de las personas:
  - Contra contactos directos.
  - Contra contactos indirectos.

### 1.9.2. Dispositivos de protección eléctrica

Los dispositivos utilizados en el presente proyecto son una combinación entre interruptores diferenciales e interruptores magnetotérmicos.

- Interruptor diferencial: el interruptor diferencial es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de proteger a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento entre los conductores y tierra o las masas de los aparatos. Es un interruptor que tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y de salida en un circuito. Cuando este diferencial supera un valor determinado (sensibilidad), para el que esta



calibrado (30mA, 300mA, etc.), el dispositivo abre el circuito, interrumpiendo el paso de la corriente a la instalación que protege.

- Interruptor magnetotérmico: el interruptor magnetotérmico es un dispositivo electromecánico que se coloca en las instalaciones eléctricas con el fin de protegerlas frente a las intensidades excesivas, producidas como consecuencia de cortocircuito o por el excesivo número de elementos de consumo conectados a ellas. Su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito: el magnetismo y el térmico (efecto Joule). El dispositivo consta, por tanto, de dos partes, un electroimán y una lámina bimetálica, conectadas en serie y por las que circula la corriente que va hacia la carga.

Al circular la corriente el electroimán crea una fuerza que, mediante un dispositivo mecánico adecuado, tiende a abrir un contacto, pero solo podrá abrirlo si la intensidad que circula por la carga sobrepasa el límite de intervención fijado. Este nivel de intervención suele estar comprendido entre 3 y 20 veces la intensidad nominal (la intensidad de diseño del interruptor magnetotérmico) y su actuación es de aproximadamente unas 25 milésimas de segundo, lo cual lo hace muy seguro por su velocidad de reacción. Esta es la parte destinada a la protección frente a los cortocircuitos, donde se produce un aumento muy rápido y elevado de la corriente.

La otra parte está constituida por una lámina bimetálica, que al calentarse por encima de un determinado límite, sufre una deformación y provoca la apertura de un contacto. Esta parte es la encargada de proteger de corrientes que, aunque son superiores a las permitidas por la instalación, no llegan al nivel de intervención del dispositivo magnético. Esta situación es típica de una sobrecarga, donde el consumo va aumentando conforme se van conectando aparatos.

### 1.9.3. Protección de la instalación

Los dispositivos de protección tienen por finalidad registrar de forma selectiva las averías y separar las partes de la instalación defectuosa, así como para limitar las sobreintensidades y los defectos de los arcos.

Cuando se disponen varios interruptores en serie, generalmente se requiere que estos sean selectivos. Un dispositivo de protección se considera selectivo cuando solamente dispara el interruptor inmediatamente anterior al punto defectuoso, tomando como base el sentido de flujo de energía. En caso de fallar el interruptor, tiene que actuar otro de orden superior. (Protección de reserva).

La selectividad de las protecciones es un elemento esencial que debe ser tomado en cuenta desde el momento de la concepción de una instalación de baja tensión, con el fin de garantizar a los usuarios la mejor disponibilidad de la energía. Se entiende por tiempo de escalonamiento, el intervalo de tiempo necesario para que dispare con seguridad sólo el elemento de protección anterior al punto de defecto. Las características de disparo de los diversos elementos de protección no deben entrecruzarse.

Una selección no selectiva está expuesta a riesgos de diversa gravedad:

- Imperativos de protección no respetados.
- Obligación de volver a realizar los procesos de arranque para cada una de las máquinas herramientas, como consecuencia de una pérdida de alimentación general.
- Paros de motores de seguridad tales como bombas de lubricación, extractores de humo, etc.
- Roturas de fabricación con:



- Pérdida de producción o de producto terminado.
- Riesgo de avería en los útiles de producción dentro de procesos continuos.

### 1.9.3.1. Protección contra sobrecargas

Se denomina sobrecarga, al paso de una intensidad superior a la nominal de la instalación. Esta corriente superior a la nominal, no producirá daños en la instalación si su duración es breve.

Se comprende que producirá grandes daños si su duración es larga, pues los aparatos receptores y conductores no están preparados para soportar este incremento de temperatura a la que se verán sometidas como consecuencia del aumento de la intensidad.

La consecuencia más directa de la sobrecarga, es una elevación de la temperatura, que por otra parte es la causa directa de los desperfectos que pueda ocasionar la sobrecarga en la instalación.

Los dispositivos de protección, deben estar previstos para interrumpir toda corriente de sobrecarga en los conductores del circuito antes de que ésta pueda provocar calentamiento que afecte al aislamiento, las conexiones, los terminales, o el medioambiente.

Las protecciones que se utilizan contra las sobrecargas, se tratan esencialmente de una protección térmica, o sea, basada en la medición directa o indirecta de la temperatura del objeto que se ha de proteger, permitiendo además la utilización racional de la capacidad de sobrecarga de este mismo objeto.

Debe instalarse un dispositivo que asegure la protección contra las sobrecargas en los lugares en que un cambio trae consigo una reducción del valor de la corriente admisible de los conductores, por ejemplo, un cambio de sección, de naturaleza, de modo de instalación, etc.

Según instrucción 22 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, los dispositivos de protección contra sobrecargas serán fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas o interruptores automáticos con curva térmica de corte.

### 1.9.3.2. Protección contra cortocircuitos

Se produce un cortocircuito en un sistema de potencia, cuando entran en contacto, entre si o con tierra, conductores correspondientes de distintas fases. Normalmente las corrientes de cortocircuito son muy elevadas, entre 5 y 20 veces el máximo de la corriente de carga en el punto de falta.

La corriente de cortocircuito es la corriente que fluye por el punto en que se ha producido el cortocircuito y mientras tenga duración este. La corriente de cortocircuito transcurre, generalmente, en un principio de forma asimétrica con respecto a la línea cero y contiene una componente alterna y otra continua. La componente de corriente alterna se amortigua hasta alcanzar el valor de la intensidad permanente de cortocircuito. La componente de corriente continua se atenúa hasta anularse completamente. Las principales características de los cortocircuitos son:

- Su duración: autoextinguible, transitorio o permanente.
- Su origen: originados por factores mecánicos (rotura de conductores, conexión eléctrica accidental entre dos conductores producida por un objeto conductor extraño, como herramienta o animales), debidos a sobretensiones eléctricas de origen interno o atmosférico, causados por la degradación del aislamiento provocada por el calor, la humedad o un ambiente corrosivo.



- Su localización: dentro o fuera de una maquina o tablero eléctrico.

Desde otro punto de vista, los cortocircuitos pueden ser: monofásicos (el 80% de los casos), bifásicos (el 15% de los casos) y trifásico (el 5% de los casos). Los bifásicos suelen degenerar en trifásicos.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, admite como dispositivo de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas o los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

En el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación.

Se admite, no obstante que, cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados dispone de protección contra sobrecarga, mientras que un solo dispositivo general, pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados.

Los dispositivos de protección deben ser previstos para interrumpir toda la corriente del cortocircuito en los conductores, antes que ésta pueda causar daños como consecuencia de los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores y en las conexiones.

Todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuito debe responder a las dos siguientes condiciones:

1. Su poder de ruptura debe ser por lo menos, igual a la corriente de cortocircuito presunta en el punto en que se encuentra instalado. Puede admitirse un dispositivo de poder de ruptura inferior, si hay instalado por delante otro con el poder de ruptura necesario y están coordinados, de forma que la energía que dejan pasar no sea superior a la que soporta sin daño el segundo dispositivo y las canalizaciones protegidas por él.
2. El tiempo de ruptura de toda corriente resultante de un cortocircuito producido en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al tiempo que se requiera para llevar la temperatura de los conductores al límite admisible.

- Consecuencias de los cortocircuitos

Depende de la naturaleza y duración de los defectos, del punto de la instalación afectado y de la magnitud de la intensidad.

Según el lugar del defecto, la presencia de un arco puede:

- Degradar los aislantes.
- Fundir los conductores.
- Provocar un incendio o representar un peligro para las personas.

Según el circuito afectado, pueden presentarse:

- Sobreesfuerzos electrodomésticos con deformación de los juegos de barras y arrancado o desprendimiento de los cables.

Puede haber un sobrecalentamiento debido al aumento de pérdidas por efecto Joule, con riesgo de deterioro de los aislantes.

Para los otros circuitos eléctricos de la red afectada o redes próximas:

- Bajadas de tensión durante el tiempo de la eliminación del defecto, de algunos milisegundos a varias centenas de milisegundos.
- Desconexión de una parte más o menos importante de la instalación, según el esquema y la selectividad de sus protecciones.
- Inestabilidad dinámica y pérdida de sincronismo de las máquinas.
- Perturbaciones en los circuitos de mando y control.



### 1.9.3.3. Cálculo de las intensidades de cortocircuito

Para el diseño de una instalación y elegir adecuadamente los dispositivos de protección debemos conocer las corrientes de cortocircuito máximas y mínimas en los distintos niveles.

#### ▪ Corriente de cortocircuito máxima

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en los bornes de salida del dispositivo de protección, considerando la configuración de la red y el tipo de cortocircuito de mayor aporte. En general, en las instalaciones de baja tensión el tipo de cortocircuito de mayor aporte es el trifásico.

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El poder de corte y de cierre de los interruptores.
- Los esfuerzos térmicos y electrodinámicos en los componentes.

El valor de la corriente de cortocircuito máxima se obtiene de la siguiente relación:

$$I_{cc\max} = \frac{CxU_n}{\sqrt{3} \times |Z_d|}$$

Donde:

$I_{cc\max}$  corriente de cortocircuito eficaz en A.

C Variación de tensión. Su valor para instalaciones de baja tensión, a 230/400V es de 1.

$U_n$  tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.

$Z_d$  impedancia directa por fase de la red aguas arriba del defecto en ohmios.

Una vez que se ha calculado la corriente de cortocircuito máximo, se obtiene el poder corte, que deberá cumplir la siguiente condición:

$$Pdc \geq I_{cc\max}$$

Siendo Pdc el poder de corte de los interruptores magnetotérmicos.

#### ▪ Corriente de cortocircuito mínima

Estas corrientes corresponden a un cortocircuito en el extremo del circuito protegido, considerando la configuración de la red y el tipo de cortocircuito de menor aporte. En las instalaciones de baja tensión los tipos de cortocircuito de menor aporte son el fase neutro (circuitos con neutro) o entre dos fases (circuito sin neutro).

Estas corrientes se utilizan para determinar:

- El ajuste de los dispositivos para la protección de los conductores frente a cortocircuito.
- Tipo de curva del interruptor magnetotérmico.

Esta corriente se calcula mediante la siguiente expresión:

$$I_{cc\min} = \frac{CxU_n x \sqrt{3}}{|2xZ_{d\_nueva} + Z_0|}$$

Donde:

$I_{cc\min}$  corriente de cortocircuito eficaz en A

C variación de tensión. Su valor para instalaciones de baja tensión, a 230/400V es de 0,95.

$U_n$  tensión entre fases en vacío del secundario del transformador.

$Z_{d\_nueva}$  impedancia directa en ohmios, teniendo en cuenta la temperatura de cortocircuito que es de 250°C



$Z_0$  impedancia homopolar en  $\Omega$ .

Una vez calculada la corriente de cortocircuito mínima, antes de elegir el tipo de curva del interruptor magnetotérmico es necesario calcular su calibre (intensidad nominal). Se acota del siguiente modo:

$$I_{\text{cálculo}} \leq I_{\text{nominal}} \leq I_{\text{admisible}}$$

Donde:

- $I_{\text{cálculo}}$ : es la intensidad prevista partiendo de la previsión de cargas que va a ser alimentada por la línea en la que ésta la protección, su tensión y el factor de potencia. Por tanto se puede determinar de la siguiente manera:

$$I_{\text{cálculo}} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

- $I_{\text{admisible}}$ : es la máxima intensidad que puede circular por el cable sin que sufra daños irreversibles. Se obtiene de la tabla 1 de la instrucción 19 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión para el caso de instalaciones interiores.

Dentro del intervalo que nos ofrecen estos dos valores se escoge el que más convenga dentro de los valores normalizados.

Finalmente ya se puede conocer el tipo de curva del interruptor magnetotérmico de la siguiente manera:

- $I_{\text{ccmin}}$  mayor o igual que  $5 I_n \rightarrow$  La curva es de tipo B.
- $I_{\text{ccmin}}$  mayor o igual que  $10 I_n \rightarrow$  La curva es de tipo C.
- $I_{\text{ccmin}}$  mayor o igual que  $20 I_n \rightarrow$  La curva es de tipo D.

#### ▪ Cálculo de las impedancias

- Cálculo de  $Z_d$  (impedancia directa)

Cada constituyente de una red de baja tensión se caracteriza por una impedancia  $Z$  compuesta de:

- Un elemento resistivo puro  $R$ .
- Un elemento inductivo puro  $X$ , llamado reactancia.

El método consiste en descomponer la red en trozos y en calcular para cada uno de ellos los valores de  $R$  y  $X$ ; después se suman aritméticamente por separado.

$$Z_d = Z_a + Z_T + Z_L + Z_{\text{aut}}$$

- Cálculo de  $Z_a$

Esta impedancia representa la línea de media tensión que llega al transformador. La potencia de cortocircuito de la red es un dato de la compañía distribuidora de energía, en este caso es de 500 MVA.

Despreciando la resistencia frente a la reactancia se puede calcular la impedancia de la red aguas arriba llevada al secundario del transformador:

$$Z_a = X = \frac{U^2}{S_{cc}}$$

Donde:

$U$  tensión en vacío del secundario del transformador en voltios.

$S_{cc}$  potencia de cortocircuito en MVA.

$Z_a$  impedancia aguas arriba del defecto en  $j\Omega$ . Es totalmente inductiva.



- Cálculo de  $Z_t$

Esta impedancia representa al transformador de distribución. Para el cálculo aproximado, se puede igualmente despreciar la resistencia debida a las pérdidas en el cobre según la relación:

$$Z_T = X = U_{cc} x \frac{U^2}{S}$$

Donde:

U tensión en vacío entre fases en V.

$U_{cc}$  tensión de cortocircuito en %.

S potencia nominal del transformador en KVA.

$Z_T$  impedancia del transformador en  $j\Omega$ . Es totalmente inductiva.

La resistencia del transformador se puede considerar despreciable. La resistencia y reactancia de toda la aparamenta de alta tensión también lo podemos considerar despreciable.

- Cálculo de  $Z_L$

Esta impedancia representa a los conductores de la instalación.

La resistencia de los conductores se calculará según la fórmula:

$$R = \rho x \frac{L}{S}$$

Donde:

R resistencia del conductor en  $\Omega$ .

P resistividad del material. La de un conductor de cobre a 20°C es de 0,01724  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$  y la de un conductor de aluminio a 20°C 0,02857  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ .

L longitud del conductor.

S sección por fase del conductor.

Para secciones iguales o inferiores a 150mm<sup>2</sup> se podrá despreciar siempre la reactancia de la línea.

- Cálculo de  $Z_{aut}$

Esta impedancia representa los automatismos (protecciones, relés, ovinas, etc.) de aguas arriba. El valor de la impedancia de cada automatismo es de 0,15jm $\Omega$ .

$$Z_{aut} \approx X_{aut} = \text{Número\_de\_automatismos} x 0,15 j m \Omega$$

En el número de automatismos se incluye el que se está calculando, así como otros de otra índole, como diferenciales, etc.

- Cálculo de  $Z_{d\_nueva}$

Con el objetivo de determinar la curva del interruptor magnetotérmico, se produce a calcular la nueva impedancia directa. Para ello se debe tener en cuenta la impedancias aguas abajo. Otra novedad es que para calcular la nueva impedancia de la línea, hay que calcularla a temperatura de cortocircuito (250°C). Para ello se hace la siguiente transposición:

$$Z_{L\_250^\circ\text{C}} = Z_{L\_20^\circ\text{C}} x (1 + \alpha x \Delta T)$$

Donde:

$$\alpha = 4 \times 10^{-3}$$

$$\Delta T = 250^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 230^\circ\text{C}$$

Por tanto:

$$Z_{d\_nueva} = Z_a + Z_T + Z_{L250^\circ\text{C}} + Z_{aut}$$

- Cálculo de  $Z_0$  (impedancia homopolar)

En este caso también se calcula al final de la línea.



$$Z_0 = Z_{a0} + Z_{T0} + Z_{L0} + Z_{aut0}$$

Donde:

$$Z_{a0}=0$$

$$Z_{T0}= Z_T$$

$$Z_{L0}= 3 \times Z_{L_{250^\circ C}}$$

$$Z_{aut0} = 3 \times Z_{aut}$$

#### 1.9.3.4. Coordinación de protecciones

Si el dispositivo de protección contra las sobrecargas posee un poder de corte al menos igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde esté instalado, se considera que asegura igualmente la protección contra las corrientes de cortocircuito de la canalización situada en el lado de carga de este punto (puede ser válido para interruptores automáticos no limitadores, cuyo caso habría que verificar la condición de tiempo máximo de disparo).

Cuando se utilizan protecciones contra sobrecargas y cortocircuitos protecciones distintas, las características de los dispositivos deben estar coordinadas, de tal forma que la energía que deja pasar el dispositivo de protección contra los cortocircuitos no sea superior a la que pueda soportar sin daño el dispositivo de protección contra las sobrecargas.

#### 1.9.4. Protección de las personas

Siempre que existan entre dos puntos una diferencia de potencial y un elemento conductor que los una entre sí, se establecerá una corriente eléctrica entre ellos. La circulación de la corriente por las personas, se puede producir de dos formas posibles:

- Cuando las personas se pongan en contacto directo con una parte eléctrica que normalmente estará en tensión (contacto directo) debido a que un conductor descubierto se ha hecho accesible por ruptura, defecto en el aislamiento, etc.
- Cuando la persona se pone en contacto con una parte metálica que accidentalmente se encuentre bajo tensión (contacto indirecto), como puede ser la carcasa conductora de un motor o máquina, etc., que puedan quedar bajo tensión por un defecto en el aislamiento, por confusión de la conexión del conductor de protección con el de fase activa.

Se han realizado diversos estudios para determinar con exactitud, los valores peligrosos de intensidad y tiempo, trazándose de esta forma curvas límites de tiempo-corriente para diferentes grados de peligrosidad. En general, valores inferiores a 30 mA se ha comprobado que no son peligrosos para el hombre, así como tiempos inferiores a 30 ms. Como es lógico, los valores de esta intensidad dependerán de los de la tensión existente y de la resistencia eléctrica del cuerpo humano.

Las distintas precauciones que se emplean tenderán a limitar la tensión de contacto. El Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión fija estos valores en:

Características del local	Límite de tensión de contacto (V)
Locales o emplazamientos húmedos	24
En los demás casos	50

El grado de peligrosidad de la corriente eléctrica para la persona que pueda establecer contacto directo o indirecto, dependerá de factores fisiológicos, e incluso de su estado concreto en el momento del contacto; sin embargo, al



margen de ello, a nivel general, se puede decir que depende del valor de la corriente que pasa por él y de la duración de la misma.

#### **1.9.4.1. Protección contra contactos directos**

Para que se pueda considerar correcta la protección contra contactos directos, se tomarán en cuenta las siguientes medidas:

- Alejamiento de las partes activas de la instalación, eliminando la posibilidad de un contacto fortuito con las manos o por la manipulación de objetos conductores cuando estos se utilicen habitualmente cerca de la instalación.
- Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Por ejemplo, armarios eléctricos aislantes o barreras de protección. Si los obstáculos son metálicos, se deben tomar también las medidas de protección. Si los obstáculos son metálicos, se deben tomar también las medidas de protección previstas contra contactos indirectos en los mismos.
- Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo. No se consideran materiales aislantes apropiados la pintura, los barnices, las lacas o productos similares.

En esta instalación se adoptará principalmente el indicado en el tercer apartado, es decir, todos los conductores activos estarán recubiertos por aislamientos apropiados.

#### **1.9.4.2. Protección contra contactos indirectos**

Los sistemas de protección contra estos contactos están fundamentados en tres principios:

- Impedir la aparición de defectos mediante aislamientos complementarios.
- Hacer que el contacto eléctrico no sea peligroso mediante el uso de tensiones no peligrosas.
- Limitar la duración del contacto a la corriente mediante dispositivos de corte.

Las medidas de protección contra contactos indirectos, puedan ser de las siguientes clases:

- Clase A: Esta medida consiste en tomar disposiciones destinadas a suprimir el riesgo mismo, haciendo que los contactos no sean peligrosos, o bien, impidiéndolos contactos simultáneos entre las masas y los elementos conductores, entre los cuales puede aparecer una diferencia de potencial peligrosa.
- Clase B: Esta medida consiste en la puesta a tierra directa o la puesta a neutro de las masas, asociándola a un dispositivo de corte automático que origine la desconexión de la instalación defectuosa.

Adoptaremos protección contra contactos indirectos de la clase B, conductores de protección puestos a tierra, combinados con interruptores diferenciales.

Las tomas de tierra tienen como objetivo evitar que cualquier equipo descargue su potencial eléctrico a tierra, a través de nuestro cuerpo. En condiciones normales, cualquier equipo puede tener en sus partes metálicas una carga eléctrica, bien por electricidad estática o bien por una derivación, para evitar precisamente una descarga eléctrica cuando se toca dicho equipo se exige que



este tenga sus partes metálicas puestas a tierra.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir de la cual el interruptor diferencial debe desconectar automáticamente, en un tiempo conveniente, la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.

La elección de la sensibilidad del interruptor diferencial que debe utilizarse en cada caso, viene determinada por la resistencia de tierra de las masas, medida en cada punto de conexión de las mismas. Debe cumplir la relación:

En locales secos:  $R \leq (50/I_s)$

En locales húmedos o mojados:  $R \leq (24/I_s)$

Siendo  $I_s$  la sensibilidad en miliamperios.

### 1.9.5. Solución adoptada

La solución adoptada consiste en colocar un interruptor general automático a la entrada del cuadro general de distribución y un interruptor diferencial; a la salida de cada línea se colocará un interruptor magnetotérmico.

En los cuadros auxiliares se colocará un interruptor de corte o un seccionador de corte en carga a la entrada del cuadro; a la salida de cada línea se colocarán un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial.

Se instalarán interruptores diferenciales de diferentes sensibilidades según sea el caso:

En líneas de fuerza:  $I_s=300\text{mA}$

En líneas de alumbrado:  $I_s=30\text{mA}$

Estos interruptores magnetotérmicos irán asociados a las puestas a tierra de las masas.

Los elementos de protección utilizados son de la marca Merlin Gerin. A su elección se tendrá en cuenta, aparte del calibre y del poder de corte, la selectividad y las curvas de limitación de los mismos que aparecen en los catálogos comerciales.

La protección diferencial se incluye en todas las derivaciones del embarrado y cuadros auxiliares que siguen a estas derivaciones, de forma que no pueda tener lugar ninguna electrocución o defecto peligroso.

La protección diferencial debe ser selectiva para lo cual se debe dotar a los diferenciales situados en cabecera de línea del retraso correspondiente en función de los diferenciales colocados en dichas líneas aguas abajo.

Las características de las protecciones utilizadas son las siguientes:

- Cuadro general de distribución:

▪ Entrada:

Sección del cable:  $4 \times 3 \times 240/2 \times 120 \text{ mm}^2 \text{ Cu}$

RZ1-K 0,6/1 kV

○ Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 1600 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C



## ▪ Salidas:

## a. Cuadro zona cargadores baterías

Sección del cable: 5x3x16/2x10 + TT 10mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 125 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 125 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA retardado 0,1s
- ◆ N° de polos: 4P

## b. Cuadro alumbrado exterior:

Sección del cable: 2x3x16/10 + TT 10mm<sup>2</sup> Cu  
RVZ1-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 125 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 125 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA retardado 0,1s
- ◆ N° de polos: 4P

## c. Cuadro auxiliar 1

Sección del cable: 2x3x70/50 + TT 50mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 400 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C



- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 400 A
  - ◆ Sensibilidad: 300 mA retardado 0,1s
  - ◆ N° de polos: 4P

d. Cuadro auxiliar 2

Sección del cable: 2x3x70/50 + TT 50mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 400 A
  - ◆ Poder de corte: 22kA
  - ◆ N° de polos: III+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 400 A
  - ◆ Sensibilidad: 300 mA retardado 0,1s
  - ◆ N° de polos: 4P

e. Cuadro auxiliar 3

Sección del cable: 2x3x120/70 + TT 70mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 630 A
  - ◆ Poder de corte: 22kA
  - ◆ N° de polos: III+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 630 A
  - ◆ Sensibilidad: 300 mA retardado 0,1s
  - ◆ N° de polos: 4P

f. Cuadro auxiliar 4

Sección del cable: 2x3x120/70 + TT 70mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 630 A
  - ◆ Poder de corte: 22kA



- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 630 A
    - ◆ Sensibilidad: 300 mA retardado 0,1s
    - ◆ N° de polos: 4P
- g. Cuadro auxiliar 5

Sección del cable: 2x3x16/10 + TT 10mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 100 A
      - ◆ Poder de corte: 22kA
      - ◆ N° de polos: III+N
      - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 100 A
      - ◆ Sensibilidad: 300 mA retardado 0,1s
      - ◆ N° de polos: 4P
- h. Cuadro auxiliar 6

Sección del cable: 3x3x95/50 + TT 50mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 800 A
      - ◆ Poder de corte: 22kA
      - ◆ N° de polos: III+N
      - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 800 A
      - ◆ Sensibilidad: 300 mA retardado 0,1s
      - ◆ N° de polos: 4P
- i. Cuadro auxiliar 7

Sección del cable: 2x3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV





- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 160 A
    - ◆ Poder de corte: 22kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 160 A
    - ◆ Sensibilidad: 300 mA retardado 0,1s
    - ◆ N° de polos: 4P
- Cuadro zona cargadores de baterías:
- Entrada:  
  
Sección del cable: 5x3x16/2x10 + TT 10mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
    - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
      - ◆ Calibre: 100 A
      - ◆ Poder de corte: 4,5kA
      - ◆ N° de polos: III+N
      - ◆ Curva: C
  - Salidas:
    - a. Alumbrado zona cargadores baterías  
  
Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
      - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
        - ◆ Calibre: 16 A
        - ◆ Poder de corte: 4,5kA
        - ◆ N° de polos: III+N
        - ◆ Curva: C
      - Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
        - ◆ Calibre: 16 A
        - ◆ Sensibilidad: 30 mA
        - ◆ N° de polos: 4P
    - b. Alumbrado de emergencia:  
  
Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 16 A
  - ◆ Poder de corte: 4,5kA
  - ◆ N° de polos: I+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 16 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 2P
- c. Fuerza zona cargadores de baterías  
  
Sección del cable: 2x3x10/6 + TT 6mm<sup>2</sup>  
RV-K 0,6/1 kV
  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 80 A
    - ◆ Poder de corte: 4,5kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 80 A
    - ◆ Sensibilidad: 300 mA
    - ◆ N° de polos: 4P
- Cuadro alumbrado exterior:
  - Entrada:  
  
Sección del cable: 2x3x16/10 + TT 10mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
    - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
      - ◆ Calibre: 100 A
      - ◆ Poder de corte: 22kA
      - ◆ N° de polos: III+N
      - ◆ Curva: C
  - Salidas:
    - a. Línea 1 alumbrado exterior  
  
Sección del cable: 3x16/10 + TT 10mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Poder de corte: 22kA
    - ◆ Nº de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Sensibilidad: 30 mA
    - ◆ Nº de polos: 4P
- b. Línea 2 alumbrado exterior
- Sección del cable: 3x16/10 + TT 10mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Poder de corte: 22kA
    - ◆ Nº de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Sensibilidad: 30 mA
    - ◆ Nº de polos: 4P
- c. Línea 3 alumbrado exterior
- Sección del cable: 2x3x16/10 + TT 10mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Poder de corte: 22kA
    - ◆ Nº de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Sensibilidad: 30 mA
    - ◆ Nº de polos: 4P



- Cuadro auxiliar 1:

▪ Entrada:

Sección del cable: 2x3x70/50 + TT 50mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 250 A
- ◆ Poder de corte: 6kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

▪ Salidas:

a. Motores puertas 1-8

Sección del cable: 3x16/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Poder de corte: 6kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ N° de polos: 4P

b. Motores puertas 9-16

Sección del cable: 3x16/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Poder de corte: 6kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ N° de polos: 4P



## c. Motores puertas 17-23

Sección del cable: 3x16/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Poder de corte: 6kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ N° de polos: 4P

## d. Alumbrado interior 1

Sección del cable: 3x10/6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Poder de corte: 6 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 4P

## e. Alumbrado interior 2

Sección del cable: 3x10/6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Poder de corte: 6 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A



- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 4P

f. Alumbrado interior 3

Sección del cable: 3x10/6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 32 A
  - ◆ Poder de corte: 6 kA
  - ◆ N° de polos: III+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 32 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 4P

g. Alumbrado emergencia 1

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Poder de corte: 6kA
  - ◆ N° de polos: I+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 2P

h. Alumbrado emergencia 2

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Poder de corte: 6kA
  - ◆ N° de polos: I+N
  - ◆ Curva: C



- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 2P

i. Tomas de corriente monofásicas

Sección del cable: 2x6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 25 A
  - ◆ Poder de corte: 6kA
  - ◆ N° de polos: I+N
  - ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 25 A
  - ◆ Sensibilidad: 300 mA
  - ◆ N° de polos: 2P

j. Extractores

Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 20 A
  - ◆ Poder de corte: 6kA
  - ◆ N° de polos: III+N
  - ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 20 A
  - ◆ Sensibilidad: 300 mA
  - ◆ N° de polos: 4P

k. Secamanos

Sección del cable: 2x6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 20 A
  - ◆ Poder de corte: 6kA
  - ◆ N° de polos: I+N





- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 20 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ Nº de polos: 2P

#### I. Termos

Sección del cable: 2x6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu

RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 20 A
- ◆ Poder de corte: 6kA
- ◆ Nº de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 20 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ Nº de polos: 2P

#### - Cuadro auxiliar 2:

##### ▪ Entrada:

Sección del cable: 2x3x70/50 + TT 50mm<sup>2</sup> Cu

RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 250 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ Nº de polos: III+N
- ◆ Curva: C

##### ▪ Salidas:

##### a. Motores puertas 24-31

Sección del cable: 3x16/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu

RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ Nº de polos: III+N



- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ Nº de polos: 4P

b. Motores puertas 32-39

Sección del cable: 3x16/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ Nº de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ Nº de polos: 4P

c. Motores puertas 40-47

Sección del cable: 3x16/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ Nº de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 63 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ Nº de polos: 4P

d. Alumbrado interior 1

Sección del cable: 3x10/6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Poder de corte: 22 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 4P

e. Alumbrado interior 2

Sección del cable: 3x10/6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Poder de corte: 22 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 4P

f. Alumbrado interior 3

Sección del cable: 3x10/6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Poder de corte: 22 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 4P



## g. Alumbrado emergencia 1

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 2P

## h. Alumbrado emergencia 2

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 2P

## i. Tomas de corriente monofásicas

Sección del cable: 2x6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 25 A
- ◆ Poder de corte: 22 kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 25 A



- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ N° de polos: 2P

j. Extractores

Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 20 A
  - ◆ Poder de corte: 22 kA
  - ◆ N° de polos: III+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 20 A
  - ◆ Sensibilidad: 300 mA
  - ◆ N° de polos: 4P

- Cuadro auxiliar 3:

▪ Entrada:

Sección del cable: 2x3x120/70 + TT 70mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 400 A
  - ◆ Poder de corte: 22kA
  - ◆ N° de polos: III+N
  - ◆ Curva: C

▪ Salidas:

a. Alumbrado interior 1

Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 50 A
  - ◆ Poder de corte: 22kA
  - ◆ N° de polos: III+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 50 A



- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 4P

b. Alumbrado interior 2

Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Poder de corte: 22kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Sensibilidad: 30 mA
    - ◆ N° de polos: 4P

c. Alumbrado interior 3

Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Poder de corte: 22kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Sensibilidad: 30 mA
    - ◆ N° de polos: 4P

d. Alumbrado interior 4

Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Poder de corte: 22 kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C



- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 50 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 4P
- e. Alumbrado interior 5  
  
Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Poder de corte: 22 kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Sensibilidad: 30 mA
    - ◆ N° de polos: 4P
- f. Alumbrado interior 6  
  
Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Poder de corte: 22 kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Sensibilidad: 30 mA
    - ◆ N° de polos: 4P
- g. Alumbrado emergencia 1  
  
Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 10 A
    - ◆ Poder de corte: 22kA





- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 2P

#### h. Alumbrado emergencia 2

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 2P

#### i. Alumbrado emergencia 3

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 2P

#### j. Alumbrado emergencia 4

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 2P

k. Alumbrado emergencia 5

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 2P

l. Alumbrado emergencia 6

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 2P



## m. Tomas de corriente monofásicas

Sección del cable: 2x6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Poder de corte: 22 kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ N° de polos: 2P

## n. Tomas de corriente trifásicas

Sección del cable: 3x6/4 + TT 4mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Poder de corte: 22 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ N° de polos: 4P

## o. Extractores

Sección del cable: 3x6/4 + TT 4mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Poder de corte: 22 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A



- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ N° de polos: 4P

- Cuadro auxiliar 4:

▪ Entrada:

Sección del cable: 2x3x120/70 + TT 70mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 400 A
  - ◆ Poder de corte: 10 kA
  - ◆ N° de polos: III+N
  - ◆ Curva: C

▪ Salidas:

a. Alumbrado interior 1

Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 50 A
  - ◆ Poder de corte: 10 kA
  - ◆ N° de polos: III+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 50 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 4P

b. Alumbrado interior 2

Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 50 A
  - ◆ Poder de corte: 10 kA
  - ◆ N° de polos: III+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 50 A



- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 4P

c. Alumbrado interior 3

Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Poder de corte: 10 kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Sensibilidad: 30 mA
    - ◆ N° de polos: 4P

d. Alumbrado interior 4

Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Poder de corte: 10 kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Sensibilidad: 30 mA
    - ◆ N° de polos: 4P

e. Alumbrado interior 5

Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 50 A
    - ◆ Poder de corte: 10 kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C



- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 50 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 4P

f. Alumbrado interior 6

Sección del cable: 3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 50 A
  - ◆ Poder de corte: 10 kA
  - ◆ N° de polos: III+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 50 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 4P

g. Alumbrado emergencia 1

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Poder de corte: 10 kA
  - ◆ N° de polos: I+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 2P

h. Alumbrado emergencia 2

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Poder de corte: 10 kA



- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 10 A
    - ◆ Sensibilidad: 30 mA
    - ◆ N° de polos: 2P
- i. Alumbrado emergencia 3
  - Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 10 A
      - ◆ Poder de corte: 10 kA
      - ◆ N° de polos: I+N
      - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 10 A
      - ◆ Sensibilidad: 30 mA
      - ◆ N° de polos: 2P
- j. Alumbrado emergencia 4
  - Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 10 A
      - ◆ Poder de corte: 10 kA
      - ◆ N° de polos: I+N
      - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 10 A
      - ◆ Sensibilidad: 30 mA
      - ◆ N° de polos: 2P
- k. Alumbrado emergencia 5
  - Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV





- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Poder de corte: 10 kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 2P

#### I. Alumbrado emergencia 6

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Poder de corte: 10 kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 2P

#### m. Tomas de corriente monofásicas

Sección del cable: 2x6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Poder de corte: 10 kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ N° de polos: 2P



## n. Tomas de corriente trifásicas

Sección del cable: 3x6/4 + TT 4mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Poder de corte: 10 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ N° de polos: 4P

## o. Extractores

Sección del cable: 3x6/4 + TT 4mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Poder de corte: 10 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 32 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ N° de polos: 4P

## - Cuadro auxiliar 5:

## ▪ Entrada:

Sección del cable: 2x3x16/10 + TT 10mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 80 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C



- Salidas:

- a. Alumbrado interior oficinas 1

Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 16 A
      - ◆ Poder de corte: 22 kA
      - ◆ N° de polos: III+N
      - ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 16 A
      - ◆ Sensibilidad: 30 mA
      - ◆ N° de polos: 4P +N

- b. Alumbrado interior oficinas 2

Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 16 A
      - ◆ Poder de corte: 22 kA
      - ◆ N° de polos: III+N
      - ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 16 A
      - ◆ Sensibilidad: 30 mA
      - ◆ N° de polos: 4P

- c. Alumbrado interior aseos

Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 16 A
      - ◆ Poder de corte: 22 kA
      - ◆ N° de polos: III+N
      - ◆ Curva: C



- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 16 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 4P

d. Alumbrado emergencia 1

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Poder de corte: 22 kA
  - ◆ N° de polos: I+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 2P

e. Alumbrado emergencia 2

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Poder de corte: 22 kA
  - ◆ N° de polos: I+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 2P

f. Tomas de corriente monofásicas

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 16 A
  - ◆ Poder de corte: 22 kA



- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 16 A
    - ◆ Sensibilidad: 300 mA
    - ◆ N° de polos: 2P
- g. Tomas de corriente ordenadores
  - Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu
  - RV-K 0,6/1 kV
  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 20 A
      - ◆ Poder de corte: 22 kA
      - ◆ N° de polos: I+N
      - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 20 A
      - ◆ Sensibilidad: 300 mA
      - ◆ N° de polos: 2P
- h. Secamanos
  - Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu
  - RV-K 0,6/1 kV
  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 16 A
      - ◆ Poder de corte: 22 kA
      - ◆ N° de polos: I+N
      - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 16 A
      - ◆ Sensibilidad: 300 mA
      - ◆ N° de polos: 2P
- i. Aire acondicionado
  - Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu
  - RV-K 0,6/1 kV



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 20 A
    - ◆ Poder de corte: 22 kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
    - ◆ Calibre: 20 A
    - ◆ Sensibilidad: 300 mA
    - ◆ N° de polos: 4P
- Cuadro auxiliar 6:
- Entrada:  
  
Sección del cable: 3x3x95/50 + TT 50mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
    - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
      - ◆ Calibre: 700 A
      - ◆ Poder de corte: 22kA
      - ◆ N° de polos: III+N
      - ◆ Curva: C
  - Salidas:
    - a. Alumbrado interior  
  
Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV
      - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
        - ◆ Calibre: 16 A
        - ◆ Poder de corte: 22 kA
        - ◆ N° de polos: III+N
        - ◆ Curva: C
      - Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
        - ◆ Calibre: 16 A
        - ◆ Sensibilidad: 30 mA
        - ◆ N° de polos: 4P
    - b. Alumbrado emergencia  
  
Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu



RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Poder de corte: 22 kA
- ◆ Nº de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ Nº de polos: 2P

c. Tomas de corriente monofásicas

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu

RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 16 A
- ◆ Poder de corte: 22 kA
- ◆ Nº de polos: I+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 16 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ Nº de polos: 2P

d. Tomas de corriente trifásicas

Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu

RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 20 A
- ◆ Poder de corte: 22 kA
- ◆ Nº de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 20 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ Nº de polos: 4P





## e. Grupo de bombeo contra incendios

Sección del cable: 2x3x185/95 + TT 95mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 630 A
- ◆ Poder de corte: 22 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 630 A
- ◆ Sensibilidad: 300 mA
- ◆ N° de polos: 4P

- Cuadro auxiliar 7:

▪ Entrada:

Sección del cable: 2x3x25/16 + TT 16mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 125 A
- ◆ Poder de corte: 4,5kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

▪ Salidas:

a. Alumbrado interior mantenimiento

Sección del cable: 3x10/6 + TT 6mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 50 A
- ◆ Poder de corte: 4,5 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 50 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 4P



b. Alumbrado interior oficina mantenimiento y zona de descanso

Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 16 A
- ◆ Poder de corte: 4,5 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 16 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 4P

c. Alumbrado interior vestuarios

Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 16 A
- ◆ Poder de corte: 4,5 kA
- ◆ N° de polos: III+N
- ◆ Curva: C

- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 16 A
- ◆ Sensibilidad: 30 mA
- ◆ N° de polos: 4P

d. Alumbrado de emergencia 1

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 10 A
- ◆ Poder de corte: 4,5 kA
- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C



- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 2P

e. Alumbrado de emergencia 2

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Poder de corte: 4,5 kA
  - ◆ N° de polos: I+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 10 A
  - ◆ Sensibilidad: 30 mA
  - ◆ N° de polos: 2P

f. Secamanos

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 16 A
  - ◆ Poder de corte: 4,5 kA
  - ◆ N° de polos: I+N
  - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 16 A
  - ◆ Sensibilidad: 300 mA
  - ◆ N° de polos: 2P

g. Tomas de corriente ordenadores

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:  
Características principales:
  - ◆ Calibre: 16 A
  - ◆ Poder de corte: 4,5 kA



- ◆ N° de polos: I+N
- ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 16 A
    - ◆ Sensibilidad: 300 mA
    - ◆ N° de polos: 2P
- h. Tomas de corriente monofásicas
  - Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu
  - RV-K 0,6/1 kV
  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 16 A
      - ◆ Poder de corte: 4,5 kA
      - ◆ N° de polos: I+N
      - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 16 A
      - ◆ Sensibilidad: 300 mA
      - ◆ N° de polos: 2P
- i. Tomas de corriente trifásicas
  - Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu
  - RV-K 0,6/1 kV
  - Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 20 A
      - ◆ Poder de corte: 4,5 kA
      - ◆ N° de polos: III+N
      - ◆ Curva: C
  - Interruptor automático diferencial de la marca Merlín Gerin:
    - Características principales:
      - ◆ Calibre: 20 A
      - ◆ Sensibilidad: 300 mA
      - ◆ N° de polos: 4P
- j. Extractores
  - Sección del cable: 3x2,5/2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu
  - RV-K 0,6/1 kV



- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 16 A
    - ◆ Poder de corte: 4,5 kA
    - ◆ N° de polos: III+N
    - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 16 A
    - ◆ Sensibilidad: 300 mA
    - ◆ N° de polos: 4P

#### k. Termos

Sección del cable: 2x2,5 + TT 2,5mm<sup>2</sup> Cu  
RV-K 0,6/1 kV

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 20 A
    - ◆ Poder de corte: 4,5 kA
    - ◆ N° de polos: I+N
    - ◆ Curva: C
- Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin:
  - Características principales:
    - ◆ Calibre: 20 A
    - ◆ Sensibilidad: 300 mA
    - ◆ N° de polos: 2P

### 1.10. Puesta a tierra

#### 1.10.1. Introducción

Las puestas a tierra se establecen con el objeto principal de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

La puesta a tierra se plantea como una instalación paralela a la instalación eléctrica, como un circuito de protección, que tiene que proteger a las personas, a las instalaciones eléctricas y a los receptores conectados a ellas.

El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión determina, en la instrucción 18, cual es el límite de tensión admisible entre una masa cualquiera en relación a tierra, o entre masas distintas.

Características del local	Límite de tensión de contacto (V)
Locales o emplazamientos húmedos	24
En los demás casos	50

Estos valores son los máximos que se supone soporta el cuerpo humano sin



alteraciones significativas.

Las tomas de tierra limitan las sobreintensidades que por diferentes causas aparecen en las instalaciones, siendo esta limitación tanto mayor en cuanto las tomas de tierra presenten menor impedancia al paso de estas corrientes.

Durante el transcurso de las perturbaciones, los equipos de una misma instalación deben quedar al mismo potencial; siendo muy importante la necesidad de corregir pequeños valores de puesta a tierra, con el fin de obtener la equipotencialidad.

### 1.10.2. Características de la puesta a tierra

La denominación 'puesta a tierra', comprende toda la instalación metálica directa, sin fusibles ni protección alguna, de sección suficiente, entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo, con el objeto de conseguir que en el conjunto de instalaciones, edificios y superficie próxima del terreno no existan diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta, o las de descargas de origen atmosférico.

Los estudios de las puestas a tierra deberán considerar:

- La seguridad de las personas.
- La protección de las instalaciones.
- La protección de los equipos sensibles.
- Un potencial de referencia.

Para ello es necesario conocer:

- Los elementos que forman las instalaciones.
- Las diferentes fuentes de corriente que las solicitan.
- Las respuestas de los diferentes elementos a estas diferentes fuentes.
- El terreno, teniendo en cuenta su heterogeneidad (rocas que lo forman, estratos, textura, etc.), y los factores que sobre él actúan (humedad y temperatura).

### 1.10.3. Componentes de la puesta a tierra

Los elementos de puesta a tierra, se dividen en cinco partes o grupos

- El terreno

El terreno, desde el punto de vista eléctrico, se considera como el elemento encargado de disipar corrientes de defecto o descargas de origen atmosférico.

Este comportamiento viene determinado por la resistividad, que es una característica de todos los materiales y que nos da una idea de la resistencia que ofrece un material al ser atravesado por una corriente eléctrica.

Los cuerpos que tienen una resistividad muy baja, dejan pasar fácilmente la corriente eléctrica, y los materiales que tienen una resistividad alta, se oponen al paso de corriente.

La resistividad depende de cada terreno y se mide en ohmios por metro. Como los terrenos no suelen ser uniformes en cuanto a su composición, un determinado terreno tendrá una resistividad aparente que promedia los efectos de las diferentes capas que componen el terreno.

La investigación de las características eléctricas del terreno es un requerimiento de la instrucción MIE-RAT-13-2. Para realizar el proyecto de una instalación de puesta a tierra, con la excepción de las instalaciones de tercera categoría e intensidad de cortocircuito a tierra inferior o igual a 16kA, donde la investigación de las características



(MIE-RAT-13-4) se sustituye por un examen visual del terreno, pudiéndose estimar la resistividad por los valores que para diferentes terrenos se indican en las tablas de la citada instrucción.

El terreno, como conductor de la corriente eléctrica, se puede considerar como un agregado formado por una parte sólida mineral y sendas partes líquida y gaseosa. La resistividad del terreno depende de los siguientes conceptos:

- Humedad.
- Resistividad de los minerales que forman la fracción sólida.
- Resistividad de los líquidos y gases que rellenan los poros de la fracción sólida.
- Porosidad.
- Salinidad.
- Superficie de separación de la fase líquida con la fase sólida.
- Temperatura.
- Textura.

■ Tomas de tierra

La toma de tierra es el elemento de unión entre el terreno y el circuito instalado en el interior del edificio.

La toma de tierra consta de tres partes fundamentales:

1. Electrodo

Son la masa metálica que se encuentran en contacto permanente con el terreno para facilitar a este el paso de corrientes de defecto, o la carga eléctrica que pueda tener.

Pueden ser naturales o artificiales; los electrodos naturales, suelen estar constituidos por condiciones metálicas enterradas, como conducciones de agua, cubiertas de plomo de cables de redes subterráneas, pilares metálicos de los edificios que se construyen con estructuras metálicas, etc. Los electrodos artificiales pueden ser barras (picas), tubos, placas metálicas, cables, u otros perfiles que a su vez puedan combinarse formando anillos o mallas.

De la sección en contacto con el terreno dependerá el valor de la resistencia a tierra. En general, la sección de un electrodo no debe ser inferior a  $\frac{1}{4}$  de la sección del conductor de línea principal de tierra.

Los metales deben ser inalterables a las acciones de la humedad y del terreno como son el cobre, el hierro galvanizado, fundición de hierro, etc.

2. Líneas de enlace con tierra

La línea de enlace con la tierra está formada por los conductores que unen el electrodo, conjunto de electrodos o anillo, con el punto de puesta a tierra. Los conductores de enlace con tierra desnudos en el suelo, se considera que forman parte del electrodo y deberán ser de cobre u otro metal de alto punto de fusión con un mínimo de 35 mm<sup>2</sup> de sección en caso de ser de cobre o su equivalente de otros metales.

3. Puntos de puesta a tierra

El elemento de la puesta a tierra, es el situado fuera del terreno y que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra. El punto de puesta a tierra es un elemento de conexión, placa, regleta, grapa, etc. que une los conductores de la línea de enlace con la principal de tierra. El número de puntos de puesta a tierra conectados al mismo electrodo o conjunto de ellos dependerá del tipo de instalación.



- **Línea principal de tierra**  
Es la parte del circuito de puesta a tierra del edificio, que está formado por conductores de cobre, que partiendo de los puntos de puesta a tierra, conecta con las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de todas las masas o elementos necesarios.  
Serán de cobre y se dimensionarán con la máxima corriente de falta que se prevé, siendo como mínimo de 16 mm<sup>2</sup> de sección.  
Su tendido se hará buscando los caminos más cortos y evitando los cambios bruscos de dirección. Se evitará someterlos a desgastes mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y los desgastes mecánicos. La línea principal de tierra termina en el punto de puesta a tierra, teniendo especial cuidado en la conexión, asegurando una conexión efectiva.
- **Derivaciones de las líneas principales de tierra**  
Son los conductores que unen la línea principal de tierra con los conductores de protección o bien directamente las masas significativas que existen en el edificio. Serán de cobre o de otro metal de elevado punto de fusión. El dimensionamiento viene en la ITC-BT 18. La sección mínima [ $S_p$ ] dependerá de la sección de los conductores activos de la instalación [ $S$ ], con un mínimo de 2,5 mm<sup>2</sup>; para secciones de los conductores de fase.

Sección de los conductores de fase de la instalación $S$ (mm <sup>2</sup> )	Sección mínima de los conductores de protección $S_p$ (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 \leq S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

- **Conductores de protección**  
Son los conductores de cobre, encargados de unir eléctricamente las masas de una instalación y de los aparatos eléctricos, con las derivaciones de la línea principal de tierra, con el fin de asegurar la protección contra los contactos indirectos.  
El dimensionamiento de estos conductores, viene dado en función de la sección del conductor de fase de la instalación que protege, según la ITC-BT 19.

#### 1.10.4. Elementos a conectar a tierra

Una vez realizada la toma de tierra del edificio, deberemos conectar en los puntos de puesta a tierra todos los elementos metálicos o elementos susceptibles de ponerse en tensión, con el fin de conseguir una gran red equipotencial dentro del edificio y en contacto íntimo con tierra.

Según la norma tecnológica de la edificación, deberá conectarse a tierra:

- Las instalaciones de fontanería, gas y calefacción, depósitos, calderas, etc.
- Guías metálicas de los aparatos elevadores.
- Caja General de Protección (no obligatorio según R.E.B.T.).
- Instalación de pararrayos.
- Instalaciones de antenas colectivas de TV y FM.
- Redes equipotenciales de cuarto de baño, que unan enchufes eléctricos y masas metálicas.
- Toda masa o elemento metálico significativo.
- Estructuras metálicas y armaduras de muros de hormigón.



### 1.10.5. Solución adoptada

El electrodo está formado por 4 picas de acero recubiertas de cobre de 20 mm de diámetro y 2 m de longitud, situadas una en cada esquina de la nave unidas por medio de un conductor desnudo de cobre de 50 mm<sup>2</sup>. Esta ira unida al mallazo de cimentación a través de un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección por medio de soldaduras aluminotécnicas, formando así una superficie equipotencial a lo largo de toda la nave.

Del cuadro general de distribución se unirá al conductor principal de tierra a través de un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup>. Del cuadro general de distribución partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores (alumbrado de la nave, tomas de corriente y maquinaria).

Los conductores de tierra se distinguirán fácilmente de los conductores activos por el color amarillo-verde.

## 1.11. Centro de transformación

### 1.11.1. Reglamentación

Para la elaboración del proyecto se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

- Reglamento sobre las Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Reglamento de Verificaciones Eléctricas y regularidad en el Suministro de Energía Eléctrica.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de IBERDROLA.
- Condiciones impuestas por las entidades públicas afectadas.

### 1.11.2. Centro de transformación “de red publica” y centro de transformación “de abonado”

Cuando se trata de alimentar a varios abonados en baja tensión, la empresa distribuidora, instala un CT de potencia adecuada al consumo previsto del conjunto de abonados. Por tanto, el CT es propiedad de la empresa suministradora de electricidad de la cual efectúa su explotación y mantenimiento, y se responsabiliza de su funcionamiento. Por tanto, este CT forma parte de la red de distribución también denominada “red pública”.

Ahora bien, a partir de determinada potencia y/o consumo, existe la opción de contratar el suministro de energía directamente en media tensión. En este caso, el abonado debe instalar su propio CT y realizar su explotación y mantenimiento. Se habla pues de un “CT de abonado”. Como sea que el precio de la energía en media tensión es más bajo que el de baja tensión, a partir de ciertas potencias (kVA) y/o consumos (kWh) resulta más favorable contratar el suministro en media tensión, aún teniendo en cuenta el coste del CT y su mantenimiento (ambos a cargo del abonado). Esta opción de CT propio presenta otras ventajas adicionales:

- Independización respecto de otros abonados de baja tensión.
- Poder elegir el régimen de neutro de baja tensión más conveniente, aspecto importante para ciertas industrias, en las que la continuidad de servicio puede ser prioritaria.
- Poder construir el CT, ya previsto para futuras ampliaciones.



### 1.11.3. Emplazamiento y situación

El centro de transformación se encuentra situado en la parte delantera de la nave industrial, en un local destinado exclusivamente a su uso.

### 1.11.4. Obra civil

#### 1. Local

La caseta será de construcción prefabricada de hormigón modelo PFU-5 de Ormazabal con unas dimensiones de 6440x2500 mm<sup>2</sup> y altura útil 2558,5 mm cuyas características se describen en el siguiente apartado de esta memoria.

El acceso al centro de transformación estará restringido al personal de la compañía eléctrica suministradora y al personal de mantenimiento especialmente autorizado. Se dispondrá de una puerta peatonal cuyo sistema de cierre permitirá el acceso a ambos tipos de personal, teniendo en cuenta que el primero lo hará con la llave normalizada por la Compañía Eléctrica.

#### 2. Características del local

Se trata de una construcción prefabricada de hormigón COMPACTO modelo PFU-5 de Ormazabal.

Las características más destacadas del prefabricado de la serie PFU-5 serán:

##### a) Compacidad

Esta serie de prefabricados se montarán enteramente en fábrica. Realizar el montaje en la propia fábrica supondrá obtener:

- Calidad en origen.
- Reducción del tiempo de instalación.
- Posibilidad de posteriores traslados.

##### b) Facilidad de instalación

La innecesaria cimentación y el montaje en fábrica permitirán asegurar una cómoda y fácil instalación. Las dimensiones exteriores del centro son de 6440x2500x3300 mm<sup>3</sup> la superficie del centro es de 14,47 m<sup>2</sup>. Las dimensiones interiores del centro son de 6080x2380x2585 mm. La profundidad de la excavación para el montaje del centro es de 0,7 m.

##### c) Material

El material empleado en la fabricación de las piezas (bases, paredes y techos) es hormigón armado. Con la justa dosificación y el vibrado adecuado se conseguirán unas características óptimas de resistencia característica (superior a 250kg/cm<sup>2</sup> a los 28 días de su fabricación) y una perfecta impermeabilización.

Los paneles que forman la envolvente están compuestos de hormigón vibrado, estando las armaduras del hormigón unidas entre si y al colector de tierras según la RU 1303, y las puertas y rejillas presentan una resistencia de 10 kΩ respecto a la tierra de la envolvente.

El acabado estándar del centro se realiza con poliuretano, de color blanco en las paredes, y el color marrón en techo, puertas y rejillas.

##### d) Equipotencialidad

La propia armadura de mallazo electrosoldado garantizará la perfecta



equipotencialidad de todo el prefabricado. Como se indica en la recomendación UNESA 1303A, las puertas y rejillas de ventilación no estarán conectadas al sistema de equipotencialidad. Entra la armadura equipotencial, embebida en el hormigón, y las puertas y rejillas existirá una resistencia eléctrica superior a 10000 ohmios. Ningún elemento metálico unido al sistema equipotencial será accesible desde el exterior.

- e) Impermeabilidad  
Los techos estarán diseñados de tal forma que se impidan las filtraciones y la acumulación de agua sobre éstos, desaguando directamente al exterior desde su perímetro.
- f) Grados de protección  
Serán conforme a las UNE 20324/89 de tal forma que la parte exterior del edificio prefabricado será de IP239, excepto las rejillas de ventilación donde el grado de protección será de IP 339.

Los componentes principales que formarán el edificio prefabricado son los que se indican a continuación:

- **Envolvente**  
La envolvente (base, paredes y techo) de hormigón armado se fabricará de tal manera que se cargará sobre camión como un solo bloque en la fábrica.  
La envolvente estará diseñada de tal forma que se garantizará una total impermeabilidad y equipotencialidad del conjunto, así como una elevada resistencia mecánica.  
En la base de la envolvente irán dispuestos, tanto en el lateral como en la solera, los orificios para la entrada de cables de alta y baja tensión. Estos orificios son partes debilitadas del hormigón que se deberán romper (desde el interior del prefabricado) para realizar la acometida de cables.
- **Suelos**  
Estarán constituidos por elementos planos prefabricados de hormigón armado apoyados en un extremo sobre unos soportes metálicos un forma de U, los cuales constituirán los huecos que permitirán la conexión de cables en las celdas. Los huecos que no quedan cubiertos por las celas o cuadros eléctricos se taparán con unas placas fabricadas para tal efecto. En la parte frontal se dispondrán unas placas de peso reducido que permitirán el acceso de personas a la parte inferior del prefabricado a fin de facilitar las operaciones de conexión de los cables.
- **Cuba de recogida de aceite**  
La cuba de recogida de aceite se integrara en el propio diseño del hormigón. Tendrá una capacidad suficiente para albergar transformador de kVA. Estará diseñada para recoger en su interior todo el aceite del transformador sin que éste se derrame por la base. En la parte superior irá dispuesta una bandeja apagafuegos de acero galvanizado perforada y cubierta por grava.
- **Puertas y rejillas de ventilación**  
Estarán construidas en chapa de acero galvanizado recubierta con pintura epoxi. Esta doble protección, galvanizado más pintura, las hará muy resistentes a la corrosión causada por los agentes atmosféricos.



Las puertas se pueden abatir 180º hacia el exterior, y se podrán mantener en la posición de 90º con un retenedor metálico.

#### 1.11.5. Características generales del centro de transformación

El centro de transformación objeto del presente proyecto será de tipo interior, empleando para su aparellaje celdas prefabricadas bajo envolvente metálica según norma UNE-20099.

La acometida al mismo será subterránea, alimentando al centro mediante una red de Media Tensión, y el suministro de energía se efectuará a una tensión de servicio de 13,2 kV y una frecuencia de 50 Hz, siendo la Compañía Eléctrica suministradora IBERDROLA.

Los compartimientos diferenciados serán los siguientes:

- a) Compartimiento de aparellaje.
- b) Comportamiento del juego de barras.
- c) Compartimiento de conexión de cables.
- d) Compartimiento de mando.
- e) Compartimiento de control

#### 1.11.6. Potencia necesaria para el centro de transformación

Dimensionaremos el conductor para la potencia nominal del transformador, así estará sobredimensionado previendo una futura ampliación (la demanda de potencia de la nave industrial es de 5412,73 kVA).

$$S = 1000 \text{ kVA}$$

$$V = 400 \text{ V}$$

$$I_a = \frac{S}{\sqrt{3} \times V} = 1443,3 \text{ A}$$

La distribución de la potencia del centro de transformación al C.G.D. la haremos llegar mediante una línea subterránea que partirá del centro de transformación.

$$L = 50 \text{ m}$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times I_a \times x \cos \phi \times L}{\sigma \times S} = 2,04 \text{ V}$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V \times 100}{400} = 0,51$$

#### 1.11.7. Instalación eléctrica

##### 1.11.7.1. Características de la red de alimentación

La red de alimentación al centro de transformación será de tipo subterráneo a una tensión de 13,2 kV y 50Hz de frecuencia.

La potencia de cortocircuito máxima de la red de alimentación será de 500 MVA, según datos proporcionados por la compañía suministradora.

##### 1.11.7.2. Características de la aparamenta de alta tensión

- Características generales celdas SM6
  - Tensión asignada: 24 kV
  - Tensión soportada entre fases, y entre fases y tierra

- A frecuencia industrial (50Hz), 1 min: 50kV ef.
- A impulso tipo rayo: 125kV cresta
- Intensidad asignada en función de línea: 400 A
- Intensidad asignada en interruptor automático: 400 A
- Intensidad asignada a ruptofusible: 200 A
- Intensidad nominal admisible de corta duración:  
Durante un segundo: 16 kA ef.
- Valor de cresta de la intensidad nominal admisible:  
40 kA cresta, es decir, 2,5 veces la  $I_{nadm}$  de corta duración
- Grado de protección de la envolvente: IP307 según UNE 20324-94
- Puesta a tierra: el conductor de puesta a tierra estará dispuesto a todo lo largo de las celdas según UNE 20099, y estará dimensionado para soportar la intensidad admisible de corta duración.
- Embarrado: el embarrado estará sobredimensionado para soportar sin deformaciones permanentes los esfuerzos dinámicos que en un cortocircuito se pueden presentar y que se detallan en el apartado de cálculos.

#### 1. CELDA DE LÍNEA:

Celda Merlin Gerin de interruptor-seccionador de tres posiciones gama SM6, modelo IM 400-24-16, permite comunicar el embarrado del conjunto de celdas con los cables, cortar la corriente nominal, seccionar esta unión o poner a tierra simultáneamente las tres bornas de los cables de media tensión.

Las dimensiones de la celda son: 500 mm de anchura, 940 mm de profundidad, 1600 mm de altura. Su contenido:

- Juegos de barras tripolar de 400 A.
- Interruptor-seccionador de corte en SF6 de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Seccionador de puesta a tierra en SF6.
- Indicadores de presencia de tensión.
- Mando CIT manual.
- Embarrado de puesta a tierra.
- Bornes para conexión de cables.

Estas celdas estarán preparadas para una conexión de cable seco monofásico de sección máxima de 240 mm<sup>2</sup>.

- Características eléctricas
  - Tensión nominal: 24 kV
  - Intensidad nominal: 400 A
  - Intensidad de corta duración (3s): 16 kA
  - Nivel de aislamiento:
    - Frecuencia industrial (1m)  
A tierra y entre fases: 50 kV  
A la distancia de seccionamiento: 60 kV
    - Impulso tipo rayo  
A tierra y entre fases: 125 kV  
A la distancia de seccionamiento: 145 kV
  - Capacidad de cierre: 40 kA
  - Capacidad de corte:  
Corriente principalmente activa: 400 A  
Corriente capacitiva: 31,5 A  
Corriente inductiva: 16 A  
Falta a tierra: 63 A





## 2. CELDA DE PROTECCIÓN CON FUSIBLES

Celda Merlin Gerin de protección con fusibles, que contiene un interruptor y la protección con fusibles, permitiendo su asociación o combinación con el interruptor. La referencia de la celda de protección escogida es QM 400-24-16.

La dimensión de la celda son: 375 mm de anchura, 940 mm de profundidad, 1600 mm de altura.

### ■ Características eléctricas:

- Tensión nominal: 24 kV
- Intensidad nominal embarrado: 400/630 A
- Intensidad nominal salida del transformador: 200 A
- Intensidad de corta duración (3s): 16 kA
  - Frecuencia industrial (1m)  
A tierra y entre fases: 50 kV  
A la distancia de seccionamiento: 60 kV
  - Impulso tipo rayo  
A tierra y entre fases: 125 kV  
A la distancia de seccionamiento: 145 kV
- Capacidad de corte:  
Corriente principalmente activa: 400 A  
Corriente capacitiva: 31,5 A  
Corriente inductiva: 16 A  
Falta a tierra: 63 A
- Capacidad de ruptura combinación interruptor-fusible: 20 kA
- Corriente de transferencia (CEI420): 600 A

## 3. CELDAS DE MEDIDA

Celda Merlin Gerin de medida de tensión e intensidad con entrada inferior lateral por barras y salida inferior lateral por cables gama SM6, modelo GBC-A 400-24-16.

Las dimensiones de la celda son: 750 mm de anchura, 1020 mm de profundidad, 1600 mm de altura.

- Juegos de barras tripolar de 400 A, tensión de 24 kV y 16 kA.
- Entrada lateral inferior izquierda por barras y salida inferior por cable.
- 3 Transformadores de intensidad de relación 15-30/5 A, 15 VA CL.0.5, Ith = 200 In y aislamiento 24 kV.
- 3 Transformadores de tensión, unipolares, de relación, Ft=1.9 Un y aislamiento 24 kV.

## 4. TRANSFORMADOR

Será una maquina trifásica reductora de tensión, siendo la tensión entre fases a la entrada de 13,2 kV y la tensión a la salida en vacío de 420 V entre fases y 242 V entre fase y neutro.

El transformador a instalar tendrá el neutro accesible en baja tensión y refrigeración natural (ONAN), Ormazabal, en baño de aceite mineral.

La tecnología empleada será la de llenado integral a fin de conseguir una mínima degradación del aceite por oxidación y observación de humedad, así como unas dimensiones reducidas de la máquina y un mantenimiento mínimo.

Sus características mecánicas y eléctricas se ajustarán a la norma UNE 21428 y a las normas particulares de la compañía suministradora, siendo las siguientes:

- Potencia nominal: 1000kVA
- Tensión nominal primaria 13200 - 20000V



- Tensión de servicio inicial: 13200V
- Regulación en el primario: +2,5%, +5%, +7,5%, +10%
- Tensión nominal secundaria en vacío: 420 V
- Tensión de cortocircuito: 6%
- Grupo de conexión: Dyn11
- Nivel de aislamiento:
  - Tensión de ensayo a onda de choque 1,2/50s: 125 kV
  - Tensión de ensayo a 50 Hz 1 min: 50 kV
- Rendimiento referido a 75°C: 98,82%
- Peso: 2445kg
- Clase térmica: B
- Temperatura ambiente: 40°C
- Devanados clase H-180 G-2
- Refrigeración por aire natural
- Construidos según normas UNE 20-104 y UNE 20-178, EN 60742 y IEC642.

#### Equipo base:

- Pasa tapas de media tensión de porcelana.
- Pasatapas de baja tensión de porcelana.
- Conmutador de regulación maniobrable sin tensión.
- 2 cáncamos de elevación y desencubado.
- Orificio de llenado.
- Dispositivo de vaciado y toma de muestras.
- 4 ruedas bidireccionables
- 2 tomas de puesta a tierra.

En cuanto a medidas de seguridad a tomar, se colocarán rótulos indicadores, extintores, equipos de primeros auxilios, etc., de conformidad con las normas del Reglamento de Centros de Transformación en vigor.

#### 1.11.7.3. Características material vario de alta tensión

- Embarrado general celdas SM6  
El embarrado general de las celdas SM6 se construye con tres barras aisladas de cobre dispuestas en paralelo.
- Piezas de conexión celdas SM6  
La conexión del embarrado efectúa sobre los bornes superiores de la envolvente del interruptor-seccionador con la ayuda de repartidores de campo con tornillos imperdibles integrados de cabeza Allen de M8. El par de apriete será de 2,8m.da.N.

#### 1.11.7.4. Características de la aparamenta de baja tensión

Los aparatos en las salidas de Baja Tensión del centro de Transformación no forman parte de este proyecto de las instalaciones eléctricas de Baja Tensión.

#### 1.11.7.5. Medida de la energía eléctrica

La medida de energía se realizará mediante un cuadro de contadores conectado al secundario de los transformadores de intensidad y de tensión de la celda de medida.

El cuadro de contadores estará formado por un armario de doble aislamiento de HIMEL modelo PLA-753/AT-ID de dimensiones 750 mm de alto, 500 mm de

ancho y 320 mm de fondo, equipado de los siguientes elementos:

- Regleta de verificación normalizada por la compañía suministradora.
- Contador de energía activa, de triple tarifa, CL1.
- Contador de energía reactiva, de simple tarifa, CL3.
- Reloj de conmutación de tarifa.

### 1.11.8. Puesta a tierra

#### 1. Tierra de protección

Se conectarán a tierra los elementos metálicos de la instalación que no estén en tensión normalmente, pero que puedan estarlo a consecuencia de averías, accidentes, descargas atmosféricas o sobretensiones, tales como:

- Chasis y bastidores de aparatos de maniobra.
- Envolventes de los conjuntos de armarios metálicos.
- Puertas metálicas de los edificios.
- Armaduras metálicas de los edificios.
- Blindajes metálicos de los cables.
- Tuberías y conjuntos metálicos.
- Carcasas de transformadores.

Las celdas dispondrán de una pletina de tierra que las interconectará, constituyendo el colector de tierras de protección.

#### 2. Tierra de servicio

Se conectarán a tierra los elementos de la instalación necesarios y entre ellos:

- Los neutros de transformadores.
- Los circuitos de baja tensión de los transformadores de medida.
- Limitadores, descargadores, autoválvulas, pararrayos, para eliminación de sobretensiones o descargas atmosféricas.
- Los elementos de derivación a tierra de los seccionadores de puesta a tierra.

#### 3. Tierras interiores

Las tierras interiores del centro de transformación tendrán la misión de poner en continuidad eléctrica todos los elementos que deben estar conectados a tierra con sus correspondientes tierras exteriores.

La tierra interior de protección se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre desnudo formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

La tierra interior de servicio se realizará con cable de 50 mm<sup>2</sup> de cobre aislado formando un anillo. Este cable conectará a tierra los elementos indicados en el apartado anterior e irá sujeto a las paredes mediante bridas de sujeción y conexión, conectando el anillo al final a una caja de seccionamiento con un grado de protección IP545.

Las cajas de seccionamiento de la tierra de servicio y protección estarán separadas por una distancia mínima de 1 m.

### 1.11.9. Instalaciones secundarias

#### 1. Alumbrado

En el interior del centro de transformación se instalará un mínimo de dos puntos de luz capaces de proporcionar un nivel de iluminación suficiente para la comprobación y maniobra de los elementos del mismo. El nivel medio será



como mínimo de 150 lux.

## 2. Alumbrado de emergencia y señalización

Se colocaran 2 luminarias de emergencia y señalización de 90 Lm y 6 W.

## 3. Tomas de corriente

Se colocarán 2 tomas de corriente monofásica de 16 A.

## 4. Protección contra incendios

De acuerdo con la instrucción MIERAT 14, se dispondrá como mínimo de un extintor de eficacia equivalente 89 B de nieve carbónica, 5 kg.

## 5. Ventilación

La ventilación del centro de transformación se realizará de modo natural mediante las rejillas de entrada y salida de aire dispuestas para tal efecto, siendo la superficie mínima de la rejilla de entrada de aire en función de la potencia del mismo.

Estas rejillas se construirán de modo que impidan el paso de pequeños animales, la entrada de agua de lluvia y los contactos accidentales con partes en tensión si se introdujeran elementos metálicos por las mismas.

Los cálculos de la sección de la superficie mínima de la rejilla se encuentran en el apartado 2.6.8. del documento cálculos del presente proyecto.

## 6. Medidas de seguridad en celdas SM6

Las celdas tipo SM6 dispondrán de una serie de enclavamientos funcionales que responden a los definidos por la UNE 20099, y que serán los siguientes:

- Sólo será posible cerrar el interruptor con el seccionador de tierra abierto y con el panel de acceso cerrado.
- El cierre del seccionador de puesta a tierra sólo será posible con el interruptor abierto.
- La apertura del panel de acceso al compartimento de cables sólo será posible con el seccionador de puesta a tierra cerrado.
- Con el panel delantero retirado, será posible abrir el seccionador de puesta a tierra para realizar el ensayo de cables, pero no será posible cerrar el interruptor.

Además de los enclavamientos funcionales ya definidos, algunas de las distintas funciones se enclavarán entre ellas mediante cerraduras según se indica en apartados anteriores.

# 1.12. Compensación del factor de potencia

## 1.12.1. Introducción

Únicamente la potencia activa se puede transformar en potencia mecánica o en potencia calorífica; por consiguiente, tanto las empresas suministradoras de energía eléctrica como los usuarios deben procurar, para una instalación dada, obtener el máximo de potencia activa.

De una manera general, la expresión factor de potencia se utiliza para designar la relación de la potencia que se dispone realmente en la instalación (potencia activa) y la que hubiera podido disponerse si la tensión y la corriente de la instalación estuviera idealmente en fase.

De una forma más estricta, se denomina factor de potencia a la relación entre la potencia activa o efectiva y la potencia aparente de una instalación:

Factor de potencia=  $P/S = \cos \phi$



### 1.12.2. Ventajas de un elevado factor de potencia

Un elevado factor de potencia produce, en general, las siguientes ventajas:

- Facilita el suministro de la tensión nominal a los aparatos receptores, tales como motores, lámparas, etc.
- Mejora la regulación de la tensión en transformadores, motores, etc.
- Disminuye las pérdidas por calentamiento en los conductores de alimentación.
- Disminuye las pérdidas por calentamiento en los transformadores.
- Permite la obtención de la potencia activa nominal en los transformadores y generadores.
- Libera potencia de los generadores y transformadores, lo que permite soportar sobrecargas adicionales.
- Evita la pérdida de capacidad de carga de los conductores.
- Disminuye los costes de tarificación de energía eléctrica, por una de estas causas:
  - a) Si existe penalización por actuar con bajo factor de potencia.
  - b) Si existe bonificación por actuar con elevado factor de potencia.

### 1.12.3. Procedimiento para mejorar el factor de potencia de una instalación

Los procedimientos empleados para mejorar el factor de potencia de una instalación, se pueden dividir en dos grandes grupos:

#### 1.12.3.1. Procedimientos directos

Actúan directamente sobre las causas mismas de un bajo factor de potencia, es decir, se procura disminuir el consumo innecesario de energía reactiva, actuando las cargas normales de la instalación.

A continuación se detallan los procesos más empleados:

- Elegir el equipo eléctrico de acuerdo con el régimen de funcionamiento de los mecanismos o máquinas accionadas.
- Evitar las marchas en vacío o a cargas reducidas de los motores eléctricos instalando limitadores de marchas en vacío y dispositivos de enclavamiento eléctrico que paren el motor correspondiente cuando haya terminado su proceso de funcionamiento.
- Sustituir los motores defectuosos o repararlos.
- Aumentar la utilización de los motores eléctricos, haciendo más racional el proceso tecnológico y el aprovechamiento óptimo de del equipo eléctrico.
- Reducir la tensión de alimentación de los motores asíncronos no utilizados al máximo. Si se trata de motores asíncronos de gran potencia, puede ser ventajoso la sustitución por motores síncronos de la misma potencia.
- Sustituir los motores no utilizados al máximo, por máquinas de menor potencia, o aprovechamiento de la potencia sobrante.
- Desconectar los motores fuera de las horas de trabajo.
- Reducir las marchas en vacío o con poca carga de los transformadores.

#### 1.12.3.2. Procedimientos indirectos

Consiste en compensar el consumo de energía reactiva, mediante elementos productores de energía reactiva, que suministran dicha energía, compensando



total o parcialmente, la energía reactiva consumida por los aparatos receptores. Los dispositivos utilizados para ello se denominan, en general, compensadores de energía reactiva ó compensadores del factor de potencia.

Los compensadores utilizados para mejorar el factor de potencia, se pueden dividir en dos grandes grupos:

- Compensadores giratorios ó compensadores síncronos: son máquinas síncronas giratorias, con un régimen de funcionamiento especial.
- Compensadores estáticos: están constituidos por baterías de condensadores conectadas adecuadamente. Se pueden conectar en serie ó en paralelo, siendo esta última la conexión más utilizada. Los efectos de los condensadores instalados en paralelo sobre la instalación son:
  - Disminución de la corriente de carga.
  - Aumento de la tensión de carga.
  - Suministro de potencia reactiva.
  - Reducción en el sistema de las pérdidas de potencia activa y de potencia reactiva a causa de la disminución de la corriente de carga.
  - Aumento de la posibilidad de producción de energía activa por los generadores.
  - Reducción de los gastos de instalación por kW instalado.

#### **1.12.4. Características de los compensadores**

##### **1.12.4.1. Compensador síncrono**

- Elegir el equipo eléctrico de acuerdo con el régimen de funcionamiento de los mecanismos o máquinas accionadas.
- El precio por kVA disminuye cuando crece la potencia instalada.
- La regulación de la potencia reactiva es muy fácil y progresiva.
- Incluso durante la marcha en vacío, el compensador síncrono absorbe una potencia activa apreciable, debido a las pérdidas en vacío (hasta un 5% durante la marcha en vacío).
- Su instalación implica considerables gastos de montaje y vigilancia.

##### **1.12.4.2. Compensador estático**

- Al estar constituido por elementos de la misma potencia, el precio por kVA permanece constante cualquiera que sea la potencia instalada.
- La regulación de la potencia reactiva no es tan progresiva ni tan fácil de realizar automáticamente como en el caso del compensador síncrono.
- La potencia activa absorbida es muy pequeña (de 0,3 a 0,5% de su potencia aparente).
- Se suprime prácticamente todos los gastos de vigilancia y mantenimiento.
- Marcha sin desgaste apreciable, lo que quiere decir gran duración de funcionamiento.
- Posibilidad de fraccionar la potencia instalada y modificación del reparto de las baterías según necesidades.
- Instalación fácil.
- Si un elemento está fuera del circuito por avería, esto no implica el paro total de la batería.



### 1.12.5. Solución adoptada

Teniendo en cuenta las características de los dos tipos de compensadores anteriormente citados, se ha optado por el compensador estático, es decir, utilizar condensadores para producir la energía reactiva necesaria para compensar la energía reactiva consumida en la instalación eléctrica. Concretamente se va a instalar una batería de condensadores ABB modelo CLMD 400 V. Con las siguientes características:

- Potencia: 260 kVA.
- Tipo: batería automática repartida en bloques de 5+10+15+2x25+30+40+50+60 kVA.
- Tensión: 400 V.
- Intensidad: 317,53

La unión de los conductores de la batería de condensadores se hace mediante un cable de cobre de polietileno reticulado de 2 x3x95/50 mm<sup>2</sup> cu.

Se elige un interruptor automático de la marca Merlin Gerin intensidad 630 A y poder de corte de 22 kA para proteger la batería de condensadores.

### 1.13. Resumen del presupuesto

El presupuesto total asciende a la cantidad de UN MILLÓN SESENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS UN EUROS CON OCHENTA Y OCHO CENTIMOS.

**Fdo.: Eduardo Garcia Garcia**

**Pamplona, Febrero 2012**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación :

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y  
CENTRO DE TRASFORMACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL”

DOCUMENTO: 2. CÁLCULOS

Alumno: Eduardo Garcia Garcia

Tutora: Amaia Pérez Ezkurdia

Pamplona, 23 de Febrero de 2012



## **INDICE**

### **CÁLCULO**

### **PÁGINA**

<b>2.1. Iluminación</b>	<b>4</b>
2.1.1. Introducción	4
2.1.2. Método de cálculo	4
2.1.3. Cálculo de iluminación interior	5
2.1.3.1. Zona descarga camiones	5
2.1.3.2. Zona carga camiones	6
2.1.3.3. Zona almacén 1	7
2.1.3.4. Zona almacén 2	8
2.1.3.5. Cargadores de baterías	9
2.1.3.6. Zona mantenimiento	10
2.1.3.6.1. Oficina mantenimiento	10
2.1.3.6.2. Mantenimiento	10
2.1.3.7. Zona oficinas	11
2.1.3.7.1. Oficina 1	11
2.1.3.7.2. Oficina 2	12
2.1.3.7.3. Oficina 3	13
2.1.3.7.4. Dirección	14
2.1.3.7.5. Secretaria Dirección	14
2.1.3.7.6. Sala de espera visitas	15
2.1.3.7.7. Sala de reuniones	16
2.1.3.7.8. Archivo	17
2.1.3.7.9. Almacén	18
2.1.3.7.10. Aseo 1	18
2.1.3.7.11. Aseo minusválidos	19
2.1.3.7.12. Aseo 2	20
2.1.3.7.13. Aseo 3	21
2.1.3.7.14. Entrada a aseos	21
2.1.3.7.15. Pasillos zona oficinas	22
2.1.3.7.15.1. Pasillo 1	22
2.1.3.7.15.2. Pasillo 2	23
2.1.3.7.15.3. Pasillo 3	24
2.1.3.8. Módulo 1 vestuarios	25
2.1.3.8.1. Vestuario chicas	25
2.1.3.8.1.1. Zona taquillas	25
2.1.3.8.1.2. Zona duchas	25
2.1.3.8.2. Zona de descanso	26
2.1.3.8.3. Vestuario chicos	27
2.1.3.8.3.1. Zona taquillas	27
2.1.3.8.3.2. Zona duchas	28
2.1.3.9. Módulo 2 vestuarios	29
2.1.3.9.1. Zona taquillas	29
2.1.3.9.2. Zona duchas	29
2.1.3.10. Cuarto bombeo sistema incendios	30
2.1.4. Cálculo de iluminación exterior	32
2.1.4.1. Fachada principal	32
2.1.4.2. Fachada lateral	32
2.1.4.3. Fachada trasera	33
2.1.5. Cálculo de alumbrado de emergencia	34
2.1.5.1. Zona descarga camiones	34
2.1.5.2. Zona carga camiones	35



2.1.5.3. Zona almacén 1	35
2.1.5.4. Zona almacén 2	35
2.1.5.5. Cargador de baterías	36
2.1.5.6. Zona mantenimiento	36
2.1.5.6.1. Oficina mantenimiento	36
2.1.5.6.2. Mantenimiento	36
2.1.5.7. Zona oficinas	37
2.1.5.7.1. Oficina 1	37
2.1.5.7.2. Oficina 2	37
2.1.5.7.3. Oficina 3	37
2.1.5.7.4. Dirección	38
2.1.5.7.5. Secretaria	38
2.1.5.7.6. Sala de espera visitas	38
2.1.5.7.7. Sala de reuniones	39
2.1.5.7.8. Archivo	39
2.1.5.7.9. Almacén	39
2.1.5.7.10. Aseo 1	40
2.1.5.7.11. Aseo minusválidos	40
2.1.5.7.12. Aseo 2	40
2.1.5.7.13. Aseo 3	41
2.1.5.7.14. Entrada a aseos	41
2.1.5.7.15. Pasillo	41
2.1.5.7.15.1. Pasillo 1	41
2.1.5.7.15.2. Pasillo 2	42
2.1.5.7.15.3. Pasillo 3	42
2.1.5.8. Zona módulo 1 de vestuarios	42
2.1.5.8.1. Vestuario chicas	42
2.1.5.8.1.1. Zona taquillas	42
2.1.5.8.1.2. Zona duchas	43
2.1.5.8.2. Zona descanso	43
2.1.5.8.3. Vestuario chico	43
2.1.5.8.3.1. Zona taquillas	43
2.1.5.8.3.2. Zona duchas	44
2.1.5.9. Zona módulo 2 vestuarios	44
2.1.5.9.1. Zona taquillas	44
2.1.5.9.2. Zona duchas	44
2.1.5.10. Cuarto bombeo sistema incendios	45
2.2. Cálculo de las intensidades de línea	45
2.2.1. Introducción	45
2.2.2. Cuadro General de Distribución y Cuadros Auxiliares	46
2.2.3. Cálculo de la potencia del transformador	49
2.3. Cálculo de las intensidades de línea	49
2.3.1. Introducción	49
2.3.2. Línea transformador C.G.D.	51
2.3.3. Interpretación de las tablas adjuntas	52
2.3.4. Cuadro General de Distribución y Cuadros Auxiliares	53
2.4. Cálculo de las intensidades de cortocircuito	64
2.4.1. Introducción	64
2.4.2. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador	64
2.4.3. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el C.G.D.	65
2.4.4. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en los cuadros auxiliares	65
2.5. Cálculo de la instalación de puesta a tierra	70
2.5.1. Introducción	70
2.5.2. Instalación de puesta a tierra	70

<b>2.6. Compensación del factor de potencia</b>	<b>72</b>
2.6.1. Cálculo de la potencia reactiva a instalar	72
2.6.2. Cálculo de la sección del conductor	72
2.6.3. Cálculo de la protección de la batería de condensadores	73
<b>2.7. Cálculo del centro de transformación</b>	<b>73</b>
2.7.1. Datos del transformador	73
2.7.2. Intensidad de alta tensión	73
2.7.3. Intensidad de baja tensión	74
2.7.4. Cortocircuitos	74
2.7.4.1. Intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión	74
2.7.4.2. Intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión	74
2.7.5. Sección de los conductores del Centro de Transformación	75
2.7.5.1. Conexión celdas-trasformador	75
2.7.5.2. Conexión del secundario del transformador al cuadro de BT	75
2.7.6. Cálculo del alumbrado	75
2.7.6.1. Alumbrado del centro de transformación	75
2.7.6.2. Alumbrado emergencia del centro de transformación	76
2.7.7. Cuadro de baja tensión del centro de transformación	76
2.7.7.1. Dimensionado de los conductores del centro de transformación	76
2.7.8. Selección de las protecciones de alta y baja tensión	76
2.7.9. Dimensionado de la ventilación del centro de transformación	77
2.7.10. Dimensionado del pozo apagafuegos	78
2.7.11. Cálculo de la instalación de puesta a tierra	78
2.7.11.1. Método empleado en la instalación de puesta a tierra	79
2.7.11.1.1. Tierra de protección	79
2.7.11.1.2. Tierra de servicio	79
2.7.11.2. Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra	80
2.7.11.2.1. Tierra de protección	80
2.7.11.2.2. Tierra de servicio	81
2.7.11.3. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación	81
2.7.11.4. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación	81
2.7.11.5. Tensiones aplicadas	82
2.7.11.6. Investigación de tensiones transferibles al exterior	82
2.7.11.7. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo	82



## **CÁLCULOS**

### **2.1. Iluminación**

#### **2.1.1. Introducción**

Para la realización del proyecto de iluminación interior seguiremos el método descrito en la memoria.

Este método denominado método de los lúmenes se basa en el desarrollo de estos seis puntos:

- Determinación del nivel de iluminación requerido.
- Determinación del coeficiente de utilización.
- Cálculo del número de lúmenes totales.
- Cálculo del número de lámparas necesarias.
- Cálculo de la altura de las lámparas.
- Distribución de lámparas y de lúmenes.
- Fijación del emplazamiento de las lámparas.

El desarrollo de estos puntos está desarrollado en el documento memoria del presente proyecto.

#### **2.1.2. Método de cálculo**

Los pasos seguidos para la realización de los cálculos de la iluminación de la nave industrial serán los detallados en el documento memoria.

##### **1. Datos de partida**

- Dimensión del local.
- Tarea a desarrollar.
- Altura del plano de trabajo.
- Factores de reflexión de techo y paredes.
- Tablas de factores de pérdida de luz y utilización de los aparatos luminosos.

##### **2. Determinación del nivel de iluminación en función de la tarea a desarrollar.**

##### **3. Elección del tipo de lámpara en función de las características de la misma y de las del proyecto.**

##### **4. Elección del sistema de iluminación y de las luminarias.**

##### **5. Determinación de la altura de suspensión de los aparatos.**

En los locales con alturas normales, tales como servicios, vestuarios u oficinas lo habitual es situar los aparatos de alumbrado tan alto como sea posible, para disminuir el riesgo de deslumbramiento y debido a que puedan separarse los focos luminosos permitiendo reducir el número de aparatos necesarios. Un método eficaz resulta la utilización de lámparas empotradas.

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

$$H = \frac{4}{5} x h'$$

La suspensión (C) será:

$$C = h' - H$$

Donde:

C es la distancia que estará suspendida la luminaria.

h' es la altura comprendida desde la lámpara al plano de trabajo.

#### 6. Determinación del índice del local (K)

Se utiliza la fórmula:

$$K = \frac{S}{Hx(a+b)}$$

Donde:

K es el índice del local.

S el área del local.

#### 7. Determinación de los lúmenes totales necesarios ( $\phi_T$ )

Se utiliza la fórmula:

$$\phi_T = \frac{ExS}{F_u x F_c}$$

Donde:

F<sub>u</sub> es el factor de utilización

F<sub>c</sub> es el factor de pérdida de luz

#### 8. Determinación del número de lámparas necesarias (Nº)

Se utiliza la fórmula:

$$N^\circ = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

Donde:

$\Phi_T$  son los lúmenes que precisa el local

$\Phi_L$  son los lúmenes que aporta cada lámpara

#### 9. Distribución de los aparatos para conseguir uniformidad en la iluminación.

Generalmente los locales que se trata de iluminar son de forma rectangular. En este caso, los aparatos de alumbrado se sitúan formando hileras paralelas al eje mayor o al menor. En los demás casos, la situación de los aparatos depende de la forma que tenga la superficie de trabajo.

La elección del aparato condiciona la distribución de los aparatos en el local.

### 2.1.3. Cálculo de iluminación interior

Para la realización del proyecto de iluminación interior seguiremos el método descrito en la memoria.

#### 2.1.3.1. Zona descarga camiones

Dimensiones del local:

a= 107,9m

b= 17,61m

h'= 11m

S= 1900,12m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con

- P-WB+GPK150 R
- Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lm
  - Altura de suspensión:  

$$h = \frac{4}{5} x (h' - 0,85)$$

$$h = 4 \times 10,15 / 5 = 8,12\text{m}$$
  - Índice del local:  

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 1900,12 / (8,12 \times (107,9+17,61)) = 1,86$$
  - Coeficientes de reflexión:
    - Techo: 70%
    - Paredes: 50%
  - Coeficiente de utilización: 0,63
  - Coeficiente de mantenimiento: 0,6
  - Lúmenes totales necesarios:  

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 107,9 \times 17,61 / (0,63 \times 0,6) = 2010707,94 \text{ lm}$$
  - Numero de luminarias  

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{nx\phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 2010707,94 / (1 \times 42500) = 47,31 \text{ luminarias}$$
- Se colocaran 47 luminarias
- Solución adoptada:
    - 47 lámparas PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
    - 47 luminarias PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R
  - Potencia por lámpara: 400 W.  
Total: 18800 W

### 2.1.3.2. Zona carga camiones

Dimensiones del local:

a= 107,9m

b= 17,61m

h'= 11m

S= 1900,12m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R
- Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lm
- Altura de suspensión:  

$$h = \frac{4}{5} x (h' - 0,85)$$

$$h = 4 \times 10,15 / 5 = 8,12\text{m}$$

- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 1900,12 / (8,12 \times (107,9+17,61)) = 1,86$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,63
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 107,9 \times 17,61 / (0,63 \times 0,6) = 2010707,94 \text{ lm}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 2010707,94 / (1 \times 42500) = 47,31 \text{ luminarias}$$

Se colocaran 47 luminarias

- Solución adoptada:
  - 47 lámparas MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
  - 47 luminarias PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R
- Potencia por lámpara: 400 W.  
Total: 18800 W

### 2.1.3.3. Zona almacén 1

Dimensiones del local:

a= 107,9m

b= 69,13m

h'= 11m

S= 7459,13m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R
- Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lm
- Altura de suspensión:

$$h = \frac{4}{5} \times (h' - 0,85)$$

$$h = 4 \times 10,15 / 5 = 8,12\text{m}$$

- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 7459,13 / (8,12 \times (107,9+69,13)) = 5,19$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%

- Paredes: 50%
    - Coeficiente de utilización: 0,74
    - Coeficiente de mantenimiento: 0,6
    - Lúmenes totales necesarios:
- $$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$
- $$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 107,9 \times 69,13 / (0,74 \times 0,6) = 6719934,23 \text{ lm}$$
- Numero de luminarias
- $$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$
- $$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 6719934,23 / (1 \times 42500) = 158,12 \text{ luminarias}$$
- Se colocaran 158 luminarias
- Solución adoptada:
    - 158 lámparas PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
    - 158 luminarias PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R
  - Potencia por lámpara: 400 W.
- Total: 63200 W

#### 2.1.3.4. Zona almacén 2

Dimensiones del local:

a= 107,9m

b= 69,13m

h'= 11m

S= 7459,13m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
  - Tipo de iluminación: Directa.
  - Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
  - Tipo de luminaria: PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R
  - Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lm
  - Altura de suspensión:
- $$h = \frac{4}{5} \times (h' - 0,85)$$
- $$H = 4 \times 10,15 / 5 = 8,12\text{m}$$
- $$C = h' - h$$
- $$C = 10,15 - 8,12 = 2,03\text{m}$$
- Índice del local:
- $$K = \frac{S}{h \times (a + b)}$$
- $$K = 7459,13 / (8,12 \times (107,9 + 69,13)) = 5,19$$
- Coeficientes de reflexión:
    - Techo: 70%
    - Paredes: 50%
  - Coeficiente de utilización: 0,74
  - Coeficiente de mantenimiento: 0,6
  - Lúmenes totales necesarios:



$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 107,9 \times 69,13 / (0,74 \times 0,6) = 6719934,23 \text{ lm}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 6719934,23 / (1 \times 42500) = 158,12 \text{ luminarias}$$

Se colocaran 158 luminarias

- Solución adoptada:

- 158 lámparas PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
- 158 luminarias PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R

- Potencia por lámpara: 400 W.  
Total: 63200 W

### 2.1.3.5. Cargadores de baterías

Dimensiones del local:

a= 7,86m

b= 17,39m

h'= 5m

S= 136,69m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 58W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS TCW 216 2xTL-D 58W IC PI
- Flujo luminoso de la lámpara: 5240 lm
- Altura de suspensión: la h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{h \times (a + b)}$$

$$K = 136,69 / (5 \times (7,86 + 17,39)) = 1,08$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,52
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 7,86 \times 17,39 / (0,52 \times 0,6) = 175237,69 \text{ lm}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 175237,69 / (2 \times 5240) = 16,72 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 17 luminarias



- Solución adoptada:
  - 34 PHILIPS MASTER TL-D super 80 58W/840 1SL
  - 17 PHILIPS TCW 216 2xTL-D 58W IC PI
- Potencia por lámpara: 58 W
- Total: 1972 W

### 2.1.3.6. Zona mantenimiento

#### 2.1.3.6.1. Oficina mantenimiento

Dimensiones del local:

a= 8,58m

b= 17,39m

h= 5m

S= 149,21m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: la h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 149,21 / (5 \times (8,58+17,39)) = 1,15$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,6
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 8,58 \times 17,39 / (0,6 \times 0,6) = 165784,67 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{nx\phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 165784,67 / (3 \times 3350) = 16,5 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 17 luminarias

- Solución adoptada:
  - 51 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 17 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 1836 W

#### 2.1.3.6.2. Mantenimiento

Dimensiones del local:

a= 16,86m

b= 40,67m

$$h' = 11\text{m}$$

$$S = 685,7\text{m}^2$$

- Nivel de iluminación:  $E = 700\text{ lux}$
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
- Tipo de luminaria: cabina HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R
- Flujo luminoso de la lámpara: 42500 lm
- Altura de suspensión:

$$h = \frac{4}{5}x(h' - 0,85)$$

$$h = 4 \times 10,15 / 5 = 8,12\text{m}$$

- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 685,7 / (8,12 \times (16,86 + 40,67)) = 1,47$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,58
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 700 \times 16,86 \times 40,67 / (0,58 \times 0,6) = 1379273,97\text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{nx\phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 1379273,97 / (1 \times 42500) = 32,45\text{ luminarias}$$

Colocaremos 33 luminarias

- Solución adoptada:
    - 33 lámparas PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL
    - 33 luminarias cabina HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R
  - Potencia por lámpara: 400 W.
- Total: 13200 W

### 2.1.3.7. Zona oficinas

#### 2.1.3.7.1. Oficina 1

Dimensiones del local:

$$a = 5\text{m}$$

$$b = 4,62\text{m}$$

$$h = 3\text{m}$$

$$S = 23,1\text{m}^2$$

- Nivel de iluminación:  $E = 700\text{ lux}$
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3

- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 23,1 / (3 \times (5+4,62)) = 0,8$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,48
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 700 \times 5 \times 4,62 / (0,48 \times 0,6) = 56145,83 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 56145,83 / (3 \times 3350) = 5,59 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 6 luminarias

- Solución adoptada:
    - 18 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL 830
    - 6 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
  - Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 648 W

### 2.1.3.7.2. Oficina 2

Dimensiones del local:

a= 5m

b= 4m

h= 3m

S= 20m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 700 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 20 / (3 \times (5+4)) = 0,74$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,48

- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 700 \times 5 \times 4 / (0,48 \times 0,6) = 48611,11 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 48611,11 / (3 \times 3350) = 4,84 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 5 luminarias

- Solución adoptada:
  - 15 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 5 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 540 W

### 2.1.3.7.3. Oficina 3

Dimensiones del local:

a= 5m

b= 4m

h= 3m

S= 20m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 700 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{h \times (a + b)}$$

$$K = 20 / (3 \times (5+4)) = 0,74$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,48
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 700 \times 5 \times 4 / (0,48 \times 0,6) = 48611,11 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 48611,11 / (3 \times 3350) = 4,84 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 5 luminarias

- Solución adoptada:
  - 15 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 5 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 540 W

#### 2.1.3.7.4. Dirección

Dimensiones del local:

a= 3m

b= 3,5m

h= 3m

S= 10m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 700 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 10 / (3 \times (3+3,5)) = 0,51$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,45
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 700 \times 3 \times 3,5 / (0,45 \times 0,6) = 27222,22 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{nx\phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 27222,22 / (3 \times 3350) = 2,71 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 3 luminarias

- Solución adoptada:
  - 9 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 3 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 324 W

#### 2.1.3.7.5. Secretaria Dirección

Dimensiones del local:

a= 2m

b= 3,5m

h= 3m

S= 7m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 700 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 7 / (3 \times (2+3,5)) = 0,42$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,45
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 700 \times 2 \times 3,5 / (0,45 \times 0,6) = 18148,15 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{nx\phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 18148,15 / (3 \times 3350) = 1,81 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 2 luminarias

- Solución adoptada:
    - 6 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
    - 2 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
  - Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 216 W

#### 2.1.3.7.6. Sala de espera visitas

Dimensiones del local:

a= 4,5m

b= 5m

h= 3m

S= 22,5m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 22,5 / (3 \times (4,5+5)) = 0,79$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,48
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 4,5 \times 5 / (0,48 \times 0,6) = 31250 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 31250 / (3 \times 3350) = 3,11 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 3 luminarias

- Solución adoptada:
  - 9 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 3 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 324 W

#### 2.1.3.7.7. Sala de reuniones

Dimensiones del local:

$$a = 7,53\text{m}$$

$$b = 4,62\text{m}$$

$$h = 3\text{m}$$

$$S = 34,79\text{m}^2$$

- Nivel de iluminación: E= 700 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{h \times (a + b)}$$

$$K = 34,79 / (3 \times (7,53 + 4,62)) = 0,96$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,52
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 700 \times 7,53 \times 4,62 / (0,52 \times 0,6) = 78051,35 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lúmenes}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{luminarias} = 78051,35 / (3 \times 3350) = 7,77 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 8 luminarias

- Solución adoptada:
  - 24 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 8 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 864 W

### 2.1.3.7.8. Archivo

Dimensiones del local:

a= 3,8m

b= 4,62

h= 3m

S= 17,56m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 700 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{h \times (a + b)}$$

$$K = 17,56 / (3 \times (3,8 + 4,62)) = 0,7$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,48
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lúmenes} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{lúmenes} = 700 \times 3,8 \times 4,62 / (0,48 \times 0,6) = 42670,83 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lúmenes}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{luminarias} = 42670,83 / (3 \times 3350) = 4,25 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 4 luminarias

- Solución adoptada:
  - 12 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 4 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 432 W



### 2.1.3.7.9. Almacén

Dimensiones del local:

a= 2,2m

b= 1,06m

h= 3m

S= 2,33m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 2xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 2,33 / (3 \times (2,2+1,06)) = 0,24$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,45
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 200 \times 2,2 \times 1,06 / (0,45 \times 0,6) = 1727,41 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 1727,41 / (2 \times 3350) = 0,26 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 1 luminarias

- Solución adoptada:
  - 2 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 1 PHILIPS IMPALA TBS 160 2xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 72 W

### 2.1.3.7.10. Aseo 1

Dimensiones del local:

a= 4,5m

b= 1,5m

h= 3m

S= 6,75m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
- Tipo de luminaria: EUROPA 2 FBS 120 1xPL-C/2P 26W/840 con L
- Flujo luminoso de la lámpara: 1800 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es

- empotrado
- Índice del local:
$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$
$$K = 6,75 / (3 \times (4,5+1,5)) = 0,38$$
  - Coeficientes de reflexión:
    - Techo: 70%
    - Paredes: 50%
  - Coeficiente de utilización: 0,45
  - Coeficiente de mantenimiento: 0,6
  - Lúmenes totales necesarios:
$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$
$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 200 \times 4,5 \times 1,5 / (0,45 \times 0,6) = 5000 \text{ lúmenes}$$
  - Numero de luminarias
$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{nx\phi}$$
$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 5000 / (1 \times 1800) = 2,77 \text{ luminarias}$$
- Colocaremos 3 luminarias
- Solución adoptada:
    - 3 PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
    - 3 EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
  - Potencia por lámpara: 26 W
- Total: 78 W

#### 2.1.3.7.11. Aseo minusválidos

Dimensiones del local:

a= 2,9m

b= 1,88m

h= 3m

S= 5,45m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
- Tipo de luminaria: EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Flujo luminoso de la lámpara: 1800 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:
$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$
$$K = 5,45 / (3 \times (2,9+1,88)) = 0,38$$
- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,45
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 200 \times 2,9 \times 1,88 / (0,45 \times 0,6) = 4038,52 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 4038,52 / (1 \times 1800) = 2,24 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 2 luminarias

- Solución adoptada:
  - 2 PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
  - 2 EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Potencia por lámpara: 26 W
- Total: 52W

### 2.1.3.7.12. Aseo 2

Dimensiones del local:

a= 4,5m

b= 1,5m

h= 3m

S= 6,75m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
- Tipo de luminaria: EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Flujo luminoso de la lámpara: 1800 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 6,75 / (3 \times (4,5+1,5)) = 0,38$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,45
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 200 \times 4,5 \times 1,5 / (0,45 \times 0,6) = 5000 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 5000 / (1 \times 1800) = 2,77 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 3 luminarias

- Solución adoptada:
  - 3 PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
  - 3 EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Potencia por lámpara: 26 W
- Total: 78 W

### 2.1.3.7.13. Aseo 3

Dimensiones del local:

a= 4,5m

b= 4,37m

h= 3m

S= 19,67m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
- Tipo de luminaria: EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Flujo luminoso de la lámpara: 1800 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 19,67 / (3 \times (4,5+4,37)) = 0,74$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,48
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 200 \times 4,5 \times 4,37 / (0,48 \times 0,6) = 13656,25 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 13656,25 / (1 \times 1800) = 7,59 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 8 luminarias

- Solución adoptada:
  - 8 MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
  - 8 EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Potencia por lámpara: 26 W
- Total: 208 W

### 2.1.3.7.14. Entrada a aseos

Dimensiones del local:

a= 1,5m

b= 1,88m

h= 3m

S= 2,82m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
- Tipo de luminaria: EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Flujo luminoso de la lámpara: 1800 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 2,82 / (3 \times (1,5+1,88)) = 0,28$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,45
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 200 \times 1,5 \times 1,88 / (0,45 \times 0,6) = 2088,89 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{nx\phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 2088,89 / (1 \times 1800) = 1,16 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 1 luminarias

- Solución adoptada:
  - 1 MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT
  - 1 EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L
- Potencia por lámpara: 26 W
- Total: 26 W

### 2.1.3.7.15. Pasillos zona oficinas

#### 2.1.3.7.15.1. Pasillo 1

Dimensiones del local:

a= 5,15m

b= 1,54m

h= 3m

S= 7,92m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 7,92 / (3 \times (5,15+1,54)) = 0,4$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,45
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 5,15 \times 1,54 / (0,45 \times 0,6) = 11749,63 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 11749,63 / (3 \times 3350) = 1,17 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 1 luminarias

- Solución adoptada:
  - 3 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 1 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 108 W

### 2.1.3.7.15.2. Pasillo 2

Dimensiones del local:

a= 6,83m

b= 14,98m

h= 3m

S= 102.31m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 102,31 / (3 \times (6,83+14,98)) = 1,56$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,58
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 6,83 \times 14,98 / (0,58 \times 0,6) = 117601,61 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 117601,61 / (3 \times 3350) = 11,7 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 12 luminarias

- Solución adoptada:
  - 36 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 12 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 1296 W

### 2.1.3.7.15.3. Pasillo 3

Dimensiones del local:

a= 5,15m

b= 1,2m

h= 3m

S= 6.18m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{h \times (a + b)}$$

$$K = 6,18 / (3 \times (5,15 + 1,2)) = 0,32$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,45
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 5,15 \times 1,2 / (0,45 \times 0,6) = 9155,56 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 9155,56 / (3 \times 3350) = 0,91 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 1 luminarias

- Solución adoptada:
  - 3 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 1 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 108 W

**2.1.3.8. Módulo 1 vestuarios****2.1.3.8.1. Vestuario chicas****2.1.3.8.1.1. Zona taquillas**

Dimensiones del local:

a= 3,85m

b= 4,5m

h= 3m

S= 17,33m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 18W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 1350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 17,33 / (3 \times (3,85+4,5)) = 0,79$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,48
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 200 \times 3,85 \times 4,5 / (0,48 \times 0,6) = 12031,25 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 12031,25 / (4 \times 1350) = 2,23 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 2 luminarias

- Solución adoptada:
    - 8 Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 18W/840 1SL
    - 2 PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
  - Potencia por lámpara: 18 W
- Total: 144 W

**2.1.3.8.1.2. Zona duchas**

Dimensiones del local:

a= 4,25m

b= 4,5m

h= 3m

S= 19,13m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux



- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 18W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS TCW 216 1xTL-D 18W
- Flujo luminoso de la lámpara: 1350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 19,13 / (3 \times (4,25+4,5)) = 0,73$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,48
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 200 \times 4,25 \times 4,5 / (0,48 \times 0,6) = 13281,25 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{nx\phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 13281,25 / (1 \times 1350) = 9,84 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 10 luminarias

- Solución adoptada:
  - 10 Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 18W/840 1SL
  - 10 PHILIPS TCW 216 1xTL-D 18W
- Potencia por lámpara: 18 W
- Total: 180 W

#### 2.1.3.8.2. Zona de descanso

Dimensiones del local:

a= 8,53m

b= 4,5m

h= 3m

S= 38,39m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 38,39 / (3 \times (8,53+4,5)) = 0,98$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,52
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 8,53 \times 4,5 / (0,52 \times 0,6) = 49211,54 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 49211,54 / (3 \times 3350) = 4,9 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 5 luminarias

- Solución adoptada:
  - 15 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
  - 5 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 36W
- Total: 540 W

### 2.1.3.8.3. Vestuario chicos

#### 2.1.3.8.3.1. Zona taquillas

Dimensiones del local:

a= 8,53m

b= 3,5m

h= 3m

S= 29,86m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 18W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 1350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{h \times (a + b)}$$

$$K = 29,86 / (3 \times (8,53 + 3,5)) = 0,83$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,52
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 200 \times 8,53 \times 3,5 / (0,52 \times 0,6) = 19137,82 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lúmenes}}{nx\phi}$$

$$N^{\circ}_{luminarias} = 19137,82 / (4 \times 1350) = 3,54 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 4 luminarias

- Solución adoptada:
  - 16 PHILIPS MASTER TL-D super 80 18W/840 1SL
  - 4 PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
- Potencia por lámpara: 18 W
- Total: 288 W

### 2.1.3.8.3.2. Zona duchas

Dimensiones del local:

a= 8,22m

b= 3,5m

h= 3m

S= 28,77m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 18W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS TCW 216 1xTL-D 18W
- Flujo luminoso de la lámpara: 1350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 28,77 / (3 \times (8,22 + 3,5)) = 0,82$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,52
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{lúmenes} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{lúmenes} = 200 \times 8,22 \times 3,5 / (0,52 \times 0,6) = 18442,31 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{luminarias} = \frac{N^{\circ}_{lúmenes}}{nx\phi}$$

$$N^{\circ}_{luminarias} = 18442,31 / (1 \times 1350) = 13,66 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 3 luminarias

- Solución adoptada:
  - 13 PHILIPS MASTER TL-D super 80 18W/840 1SL
  - 13 PHILIPS TCW 216 1xTL-D 18W
- Potencia por lámpara: 18 W
- Total: 234 W



### 2.1.3.9. Módulo 2 vestuarios

#### 2.1.3.9.1. Zona taquillas

Dimensiones del local:

a= 4,5m

b= 3,85m

h= 3m

S= 17,33m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 18W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 1350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 17,33 / (3 \times (4,5+3,85)) = 0,69$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,48
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 200 \times 4,5 \times 3,85 / (0,48 \times 0,6) = 12031,25 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{nx\phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 12031,25 / (4 \times 1350) = 2,23 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 2 luminarias

- Solución adoptada:
    - 8 PHILIPS MASTER TL-D super 80 18W/840 1SL
    - 2 PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3
  - Potencia por lámpara: 18 W
- Total: 144 W

#### 2.1.3.9.2. Zona duchas

Dimensiones del local:

a= 4,5m

b= 4,4m

h= 3m

S= 19.8m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 200 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 18W/840 1SL

- Tipo de luminaria: PHILIPS TCW 216 1xTL-D 18W
- Flujo luminoso de la lámpara: 1350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = S / (H \times (a+b)) = 19,8 / (3 \times (4,5+4,4)) = 0,74$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0,48
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 200 \times 4,5 \times 4,4 / (0,48 \times 0,6) = 13750 \text{ lúmenes}$$

- Numero de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{nx\phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 13750 / (1 \times 1350) = 10,16 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 3 luminarias

- Solución adoptada:
  - 10 PHILIPS MASTER TL-D super 80 18W/840 1SL
  - 10 PHILIPS TCW 216 1xTL-D 18W
- Potencia por lámpara: 18 W
- Total: 180 W

### 2.1.3.10. Cuarto bombeo sistema incendios

Dimensiones del local:

a= 8m

b= 5m

h= 3m

S= 40m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 400 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Altura de suspensión: La h y la h' son iguales ya que el montaje es empotrado
- Índice del local:

$$K = \frac{S}{hx(a+b)}$$

$$K = 40 / (3 \times (8+5)) = 1,03$$

- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%

- Coeficiente de utilización: 0,52
- Coeficiente de mantenimiento: 0,6
- Lúmenes totales necesarios:

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = \frac{E_m \times a \times b}{C_u \times C_m}$$

$$N^{\circ}_{\text{lúmenes}} = 400 \times 8 \times 5 / (0,52 \times 0,6) = 51282,05 \text{ lúmenes}$$

- Número de luminarias

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = \frac{N^{\circ}_{\text{lúmenes}}}{n \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{luminarias}} = 51282,05 / (3 \times 3350) = 5,1 \text{ luminarias}$$

Colocaremos 5 luminarias

- Solución adoptada:
    - 15 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL
    - 5 PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3
  - Potencia por lámpara: 36 W
- Total: 540 W

En la siguiente tabla se muestran los distintos modelos de lámparas y luminarias utilizadas en la iluminación interior de la nave. Quedando así resumidos los datos obtenidos en el presente apartado.

Componente	Marca	Modelo	Potencia de la lámpara [W]	Cantidad	Potencia [W]
Luminaria	PHILIPS	cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R	-	443	-
Lámpara	PHILIPS	MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL	400	443	177200
Luminaria	PHILIPS	TCW 216 2xTL-D 58W IC PI	-	17	-
Lámpara	PHILIPS	MASTER TL-D super 80 58W/840 1SL	58	34	1972
Luminaria	PHILIPS	IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3	-	77	-
Luminaria	PHILIPS	IMPALA TBS 160 2xTL-D36W/840 con C3	-	1	-
Lámpara	PHILIPS	MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL	36	233	8388
Luminaria	PHILIPS	EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L	-	17	-
Lámpara	PHILIPS	MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT	26	17	442
Luminaria	PHILIPS	IMPALA TBS 160	-	8	-

		4xTL-D 18W/840 con C3			
Luminaria	PHILIPS	TCW 216 1xTL-D 18W	-	33	-
Lámpara	PHILIPS	MASTER TL-D super 80 18W/840 1SL	18	65	1170
Potencia total del alumbrado interior					189154

#### 2.1.4. Cálculo de iluminación exterior

Para el cálculo del alumbrado exterior se ha procedido a diferenciar distintas zonas, diferenciando entre la fachada principal y los laterales y la zona trasera de la nave.

##### 2.1.4.1. Fachada principal

La fachada principal será la zona de carga y descarga de los camiones y entrada de los vehículos de los trabajadores.

Dimensiones del local:

A= 5m

L= 233m

H= 6m

- Nivel de iluminación: E= 300 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS HPI-T PLUS 400W/643 E40 SLV
- Tipo de luminaria: PHILIPS con TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50
- Flujo luminoso de la lámpara: 35000 lm
- Factor de mantenimiento: 0,6
- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0.63
- Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = \frac{D}{\tan \alpha}$$

Los valores de H y D son conocidos y de aquí sacamos el valor de  $\alpha$ , que en este caso es de  $45^\circ$

- Lámparas necesarias:

$$N_{\text{lámparas}}^{\circ} = \frac{E \times A \times L}{C_u \times C_m \times \phi}$$

$$N_{\text{lámparas}}^{\circ} = 300 \times 6 \times 233 / (0,63 \times 0,6 \times 35000) = 31,7 \text{ lámparas}$$

Colocaremos 32 luminarias

- Solución adoptada:
  - 32 PHILIPS HPI-T PLUS 400W/643 E40 SLV
  - 32 PHILIPS con TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50
- Potencia por lámpara: 400W
- Total: 12800W

##### 2.1.4.2. Fachada lateral

Las dos fachadas laterales estarán igualmente iluminadas por lo que se calculara para uno de los laterales y la cantidad de luminarias y lámparas abra

que multiplicarlas por dos.

Dimensiones del local:

A= 5m

L= 86,74m

H= 5m

- Nivel de iluminación: E= 150 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS HPI-T PLUS 400W/643 E40 SLV
- Tipo de luminaria: PHILIPS con TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50
- Flujo luminoso de la lámpara: 35000 lm
- Factor de mantenimiento: 0,6
- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0.63
- Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:

$$H = \frac{D}{\tan \alpha}$$

Los valores de H y D son conocidos y de aquí sacamos el valor de  $\alpha$ , que en este caso es de 45°

- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{E \times A \times L}{C_u \times C_m \times \phi}$$

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = 150 \times 5 \times 86,74 / (0,63 \times 0,6 \times 35000) = 4,92 \text{ lámparas}$$

Colocaremos 5 luminarias

- Solución adoptada:
  - 5 PHILIPS HPI-T PLUS 400W/643 E40 SLV
  - 5 PHILIPS con TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50
- Potencia por lámpara: 400W
- Total: 2000W
- Este cálculo servirá para los dos laterales de la nave

#### 2.1.4.3. Fachada trasera

Dimensiones del local:

A= 5m

L= 233m

H= 5m

- Nivel de iluminación: E= 150 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS HPI-T PLUS 400W/643 E40 SLV
- Tipo de luminaria: PHILIPS con TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50
- Flujo luminoso de la lámpara: 35000 lm
- Factor de mantenimiento: 0,6
- Coeficientes de reflexión:
  - Techo: 70%
  - Paredes: 50%
- Coeficiente de utilización: 0.63
- Establecimiento del ángulo de inclinación del proyector:



$$H = \frac{D}{\tan \alpha}$$

Los valores de H y D son conocidos y de aquí sacamos el valor de  $\alpha$ , que en este caso es de  $45^\circ$

- Lámparas necesarias:

$$N^\circ_{\text{lámparas}} = \frac{E \times A \times L}{C_u \times C_m \times \phi}$$

$$N^\circ_{\text{lámparas}} = 150 \times 5 \times 233 / (0,63 \times 0,6 \times 35000) = 13,21 \text{ lámparas}$$

Colocaremos 13 luminarias

- Solución adoptada:

- 13 PHILIPS HPI-T PLUS 400W/643 E40 SLV
- 13 PHILIPS con TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50

- Potencia por lámpara: 400W

Total: 5200W

En la siguiente tabla se muestran los distintos modelos de lámparas y luminarias utilizadas en la iluminación exterior de la nave. Quedando así resumidos los datos obtenidos en el presente apartado.

Componente	Marca	Modelo	Potencia de la lámpara [W]	Cantidad	Potencia [W]
Luminaria	PHILIPS	TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50	-	55	-
Lámpara	PHILIPS	HPI-T Plus 400W/643 E40 SLV	400	55	22000
Potencia total del alumbrado exterior					22000

## 2.1.5. Cálculo de alumbrado de emergencia

### 2.1.5.1. Zona descarga camiones

- Área del local:  $1900,12 \text{ m}^2$
- Proporción:  $5 \text{ lúmenes/m}^2$
- Flujo necesario:  $9500,6 \text{ lúmenes}$
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510 (señalización).

Ref. NFL 61848 (emergencia).

- Potencia de la lámpara: 6 W y 13W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm y 770 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^\circ_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 9 luminarias de 100 lm y 12 de 770 lm
- Lúmenes proporcionados: 10140 lm
- Potencia: 210 W



### 2.1.5.2. Zona carga camiones

- Área del local: 1900,12m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 9500,6 lúmenes
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND
- Ref. C3 61510 (señalización).
- Ref. NFL 61848 (emergencia).
- Potencia de la lámpara: 6 W y 13W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm y 770 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 9 luminarias de 100 lm y 12 de 770 lm
- Lúmenes proporcionados: 10140 lm
- Potencia: 210 W

### 2.1.5.3. Zona almacén 1

- Área del local: 7459,13m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 37295,65 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND
- Ref. C3 61510 (señalización).
- Ref. NFL 61848 (emergencia).
- Potencia de la lámpara: 6 W y 13W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm y 770 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 11 luminarias de 100 lm y 48 de 770 lm
- Lúmenes proporcionados: 38060 lm
- Potencia: 690 W

### 2.1.5.4. Zona almacén 2

- Área del local: 7459,13m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 37295,65 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND
- Ref. C3 61510 (señalización).
- Ref. NFL 61848 (emergencia).
- Potencia de la lámpara: 6 W y 13W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm y 770 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 11 luminarias de 100 lm y 48 de 770 lm
- Lúmenes proporcionados: 38060 lm
- Potencia: 690 W

**2.1.5.5. Cargador de baterías**

- Área del local: 136,69m<sup>2</sup>
  - Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
  - Flujo necesario: 683,45 lm
  - Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND
- Ref. NFL 61848.
- Potencia de la lámpara: 13 W.
  - Flujo luminoso de la lámpara: 770 lm
  - Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 770 lm
- Lúmenes proporcionados: 770 lm
- Potencia: 13 W

**2.1.5.6. Zona mantenimiento****2.1.5.6.1. Oficina mantenimiento**

- Área del local: 149,21m<sup>2</sup>
  - Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
  - Flujo necesario: 746,05 lm
  - Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND
- Ref. C3 61510 (señalización).
- Ref. NFL 61848 (emergencia).
- Potencia de la lámpara: 6 W y 13W.
  - Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm y 770 lm
  - Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm 1 luminaria de 770
- Lúmenes proporcionados: 870 lm
- Potencia: 19 W

**2.1.5.6.2. Mantenimiento**

- Área del local: 685,7m<sup>2</sup>
  - Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
  - Flujo necesario: 3428,5 lm
  - Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND
- Ref. C3 61510 (señalización).
- Ref. NFL 61848 (emergencia).
- Potencia de la lámpara: 6 W y 13W.
  - Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm y 770 lm
  - Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 4 luminarias de 100 lm y 4 de 770 lm
- Lúmenes proporcionados: 3481 lm
- Potencia: 76W

**2.1.5.7. Zona oficinas****2.1.5.7.1. Oficina 1**

- Área del local: 23,1m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 115,5 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 2 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 200 lm
- Potencia: 12W

**2.1.5.7.2. Oficina 2**

- Área del local: 20m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 100 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.7.3. Oficina 3**

- Área del local: 20m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 100 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.7.4. Dirección**

- Área del local: 10m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 50
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.7.5. Secretaria**

- Área del local: 7m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 35 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.7.6. Sala de espera visitas**

- Área del local: 22,5m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 112,5 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 2 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 200 lm
- Potencia: 12W

**2.1.5.7.7. Sala de reuniones**

- Área del local: 34,79m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 173,95 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 2 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 200 lm
- Potencia: 12W

**2.1.5.7.8. Archivo**

- Área del local: 17,56m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 87,8 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.7.9. Almacén**

- Área del local: 2,33m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 11,65 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.7.10. Aseo 1**

- Área del local: 6,75m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 33,75 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.7.11. Aseo minusválidos**

- Área del local: 5,45m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 27, 25 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.7.12. Aseo 2**

- Área del local: 6,75m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 33,75 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.7.13. Aseo 3**

- Área del local: 19,67m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 98,35 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.7.14. Entrada a aseos**

- Área del local: 2,82m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 14,1 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.7.15. Pasillo****2.1.5.7.15.1. Pasillo 1**

- Área del local: 7,92 m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 39,6 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510 (señalización).

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizarán 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W



**2.1.5.7.15.2. Pasillo 2**

- Área del local: 102.31 m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 511,55 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND
- Ref. C3 61510 (señalización).
- Ref. NFL 61848 (emergencia).
- Potencia de la lámpara: 6 W y 13W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm y 770 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 2 luminarias de 100 lm 1 de 770 lm
- Lúmenes proporcionados: 970 lm
- Potencia: 25W

**2.1.5.7.15.3. Pasillo 3**

- Área del local: 6.18 m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 30,9 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND
- Ref. C3 61510 (señalización).
- Potencia de la lámpara: 6 W
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.8. Zona módulo 1 de vestuarios****2.1.5.8.1. Vestuario chicas****2.1.5.8.1.1. Zona taquillas**

- Área del local: 17,33m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 86,65
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND
- Ref. C3 61510.
- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm

- Potencia: 6W

### 2.1.5.8.1.2. Zona duchas

- Área del local: 17,33m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 86,65
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{lámparas} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

### 2.1.5.8.2. Zona descanso

- Área del local: 38,39m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 191,95 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{lámparas} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 2 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 200 lm
- Potencia: 12W

### 2.1.5.8.3. Vestuario chico

#### 2.1.5.8.3.1. Zona taquillas

- Área del local: 29,86m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 149,3 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{lámparas} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 2 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 200 lm
- Potencia: 12W

**2.1.5.8.3.2. Zona duchas**

- Área del local: 28,77m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 143,85 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 2 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 200 lm
- Potencia: 12W

**2.1.5.9. Zona módulo 2 vestuarios****2.1.5.9.1. Zona taquillas**

- Área del local: 17,33m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 86,65 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

**2.1.5.9.2. Zona duchas**

- Área del local: 19.8m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 99 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND

Ref. C3 61510.

- Potencia de la lámpara: 6 W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm
- Lúmenes proporcionados: 100 lm
- Potencia: 6W

### 2.1.5.10. Cuarto bombeo sistema incendios

- Área del local: 80m<sup>2</sup>
- Proporción: 5 lúmenes/m<sup>2</sup>
- Flujo necesario: 400 lm
- Tipo de lámpara: Lámpara de emergencia y señalización: marca LEGRAND
- Ref. C3 61510 (señalización).
- Ref. NFL 61848 (emergencia).
- Potencia de la lámpara: 6 W y 13W.
- Flujo luminoso de la lámpara: 100 lm y 770 lm
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{lámparas} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

- Solución: Se utilizaran 1 luminarias de 100 lm 1 de 770 lm
- Lúmenes proporcionados: 870 lm
- Potencia: 19W

En la siguiente tabla se muestran los distintos modelos de lámparas de emergencia y señalización utilizadas. Quedando así resumidos los datos obtenidos en el presente apartado.

Marca	Modelo	Flujo luminoso [lm]	Potencia de la lámpara [W]	Cantidad	Potencia [W]
LEGRAND	Ref. C3 61510	100	6	77	462
LEGRAND	Ref. NFL 61848	770	13	128	1664
TOTAL					2126

## 2.2. Cálculo de las intensidades de línea

### 2.2.1. Introducción

En este apartado se van a calcular las intensidades que circulan por cada uno de los circuitos que componen la instalación.

Para realizar los cálculos se partirá de la potencia consumida por cada uno de los receptores y utilizaremos las siguientes formulas en función del tipo de línea que sea:

- Receptor monofásico:

$$I_{cálculo} = \frac{P}{V \times \cos \varphi}$$

- Receptor trifásico:

$$I_{cálculo} = \frac{P}{\sqrt{3} \times V \times \cos \varphi}$$

Donde:

$I_{cálculo}$  es la intensidad nominal (A).

P es la potencia consumida por el receptor (W).

V tensión nominal (V).

Cosφ factor de potencia de cada receptor.

Además se tendrá en cuenta el factor de corrección ( $F_c$ ) que tenga que ser aplicado en cada caso, dependiendo del tipo de receptor que se tenga (un solo motor o varios motores, lámparas). Al multiplicar estos factores de corrección por la intensidad nominal obtendremos la intensidad corregida ( $I_c$ ).

Cuando los receptores sean motores, la potencia se multiplicara por 1.25, tal como dicta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión. En su ITC-BT 47, los conductores que alimenten a motores deben estar dimensionados para una intensidad del 125% de la intensidad a plena carga del motor. En el caso de que una línea alimente a varios motores, la línea se dimensiona para una intensidad no inferior a la suma del 125% de la intensidad de plena carga del motor de mayor potencia más la intensidad a plena carga del resto de los motores de la línea.

En los conductores que suministran corriente a las lámparas de descarga se calculara para una carga total de 1.8 veces la potencia nominal.

Para calcular la potencia activa de cada línea, se sumaran todas las potencias de todos los elementos de la línea.

### 2.2.2. Cuadro General de Distribución y Cuadros Auxiliares

Se exponen a continuación las tablas de las distintas líneas de la instalación.

#### - Cuadro general de distribución

Circuito	Descripción circuito	P (W)	V (V)	cos $\phi$	I <sub>n</sub> (A)	I <sub>c</sub> (A)	Fase
L1	Cuadro zona cargadores baterías	24385	400	0,82	41,67	52,74	trifásica
L2	Cuadro alumbrado exterior	22000	400	0,8	39,69	57,21	trifásica
L3	Cuadro auxiliar 1	66232	400	0,86	144,35	152,5	trifásica
L4	Cuadro auxiliar 2	58960	400	0,86	110,84	132,05	trifásica
L5	Cuadro auxiliar 3	74340	400	0,83	145,67	184,3	trifásica
L6	Cuadro auxiliar 4	74340	400	0,83	145,67	184,3	trifásica
L7	Cuadro auxiliar 5	22803	400	0,85	71,7	50,3	trifásica
L8	Cuadro auxiliar 6	161361	400	0,87	252,47	297,27	trifásica
L9	Cuadro auxiliar 7	37311	400	0,86	108,22	89,99	trifásica
TOTAL		541732		0,84	1060,28	1200,66	

#### - Cuadro zona cargadores de baterías

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\phi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
CCB1	Alumbrado zona cargadores baterías	1972	400	0,8	3,56	1,8	0,8	5,12
CCB2	Alumbrado emergencia zona cargadores baterías	13	230	0,8	0,07	1	1	0,07
CCB3	Fuerza zona cargadores baterías	22400	400	0,85	38,04	1.25	0,7	47,55
TOTAL		24385		0,82	41,67			52,74

#### - Cuadro alumbrado exterior

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	cos $\phi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
CAE1	Línea 1 alumbrado exterior (19 lámparas)	7600	400	0,8	13,71	1,8	0,8	19,79
CAE2	Línea 2 alumbrado exterior (18 lámparas)	7200	400	0,8	12,99	1,8	0,8	18,71

CAE3	Línea 3 alumbrado exterior (18 lámparas)	7200	400	0,8	12,99	1,8	0,8	18,71
TOTAL		22000		0,8	39,69			57,21

- Cuadro auxiliar 1 (carga camiones)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\varphi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C11	Motores puertas 1-8	12000	400	0,9	19,25	1,25	1	24,06
C12	Motores puertas 9-16	12000	400	0,9	19,25	1,25	1	24,06
C13	Motores puertas 17-23	10500	400	0,9	16,84	1,25	1	21,05
C14	Alumbrado interior (16 lámparas)	6400	400	0,8	11,55	1,8	0,8	16,63
C15	Alumbrado interior (16 lámparas)	6400	400	0,8	11,55	1,8	0,8	16,63
C16	Alumbrado interior (35 lámparas)	6360	400	0,8	11,48	1,8	0,8	16,52
C17	Alumbrado emergencia 1	132	230	0,8	0,72	1	1	0,72
C18	Alumbrado emergencia 2	123	230	0,8	0,67	1	1	0,67
C19	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C110	Extractores	2000	400	0,9	3,21	1,25	1	4,01
C111	Secamanos	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C112	Termo	3450	230	0,9	16,67	1	0,7	11,669
TOTAL		66232		0,86	144,35			152,50

- Cuadro auxiliar 2 (descarga camiones)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\varphi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C21	Motores puertas 24-31	12000	400	0,9	19,25	1,25	1	24,06
C22	Motores puertas 32-39	12000	400	0,9	19,25	1,25	1	24,06
C23	Motores puertas 40-47	10500	400	0,9	16,84	1,25	1	21,05
C24	Alumbrado interior (16 lámparas)	6400	400	0,8	11,55	1,8	0,8	16,63
C25	Alumbrado interior (16 lámparas)	6400	400	0,8	11,55	1,8	0,8	16,63
C26	Alumbrado interior (15 lámparas)	6000	400	0,8	10,83	1,8	0,8	15,59
C27	Alumbrado emergencia 1	114	230	0,8	0,62	1	1	0,62
C28	Alumbrado emergencia 2	123	230	0,8	0,67	1	1	0,67
C29	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C210	Extractores	2000	400	0,9	3,21	1,25	1	4,01
TOTAL		58960		0,86	110,84			132,05

- Cuadro auxiliar 3 (almacén 1)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\varphi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C31	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C32	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C33	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C34	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C35	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C36	Alumbrado interior (23 lámparas)	9200	400	0,8	16,6	1,8	0,8	23,9
C37	Alumbrado emergencia 1	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C38	Alumbrado emergencia 2	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C39	Alumbrado emergencia 3	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C310	Alumbrado emergencia 4	144	230	0,8	0,78	1	1	0,78
C311	Alumbrado emergencia 5	114	230	0,8	0,62	1	1	0,62

C312	Alumbrado emergencia 6	114	230	0,8	0,62	1	1	0,62
C313	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C314	Tomas corriente trifásicas	5000	400	0,9	8,02	1	0,5	4,01
C315	Extractores	2000	400	0,9	3,21	1,25	1	4,01
TOTAL		74340		0,83	145,67			184,3

- Cuadro auxiliar 4 (almacén 2)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\varphi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C41	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C42	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C43	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C44	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C45	Alumbrado interior (27 lámparas)	10800	400	0,8	19,49	1,8	0,8	28,06
C46	Alumbrado interior (23 lámparas)	9200	400	0,8	16,6	1,8	0,8	23,9
C47	Alumbrado emergencia 1	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C48	Alumbrado emergencia 2	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C49	Alumbrado emergencia 3	117	230	0,8	0,64	1	1	0,64
C410	Alumbrado emergencia 4	144	230	0,8	0,78	1	1	0,78
C411	Alumbrado emergencia 5	114	230	0,8	0,62	1	1	0,62
C412	Alumbrado emergencia 6	114	230	0,8	0,62	1	1	0,62
C413	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C414	Tomas corriente trifásicas	5000	400	0,9	8,02	1	0,5	4,01
C415	Extractores	2000	400	0,9	3,21	1,25	1	4,01
TOTAL		74340		0,83	145,67			184,3

- Cuadro auxiliar 5 (oficinas)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\varphi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C51	Alumbrado interior oficinas 1 (76 lámparas)	2736	400	0,8	4'94	1,8	0,8	7,11
C52	Alumbrado interior oficinas 2 (76 lámparas)	2736	400	0,8	4'94	1,8	0,8	7,11
C53	Alumbrado interior aseos (17 lámparas)	442	400	0,8	0,8	1,8	0,8	1,15
C54	Alumbrado emergencia 1	99	230	0,8	0,54	1	1	0,54
C55	Alumbrado emergencia 2	103	230	0,8	0,56	1	1	0,56
C56	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C57	Tomas corriente ordenadores	3450	230	0,9	16,67	1	0,6	10
C58	Secamanos	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C59	Aire acondicionado	6400	400	0,9	10,26	1	0,7	7,19
TOTAL		22803		0,85	71,7			50,3

- Cuadro auxiliar 6 (bomba incendios)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\varphi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C61	Alumbrado interior (15 lámparas)	540	400	0,8	0,97	1,8	0,8	1,4
C62	Alumbrado emergencia	19	230	0,8	0,1	1	1	0,1
C63	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33



C64	Tomas corriente trifásicas	5000	400	0,9	8,02	1	0,5	4,01
C65	Grupo de bombeo sistema contra incendios	152352	400	0,97	226,7	1,25	1	283,38
TOTAL		161361		0,87	252,47			297,27

- Cuadro auxiliar 7 (modulo 1 vestuarios y zona mantenimiento)

Circuito	Descripción circuito	P(W)	V (V)	Cos $\phi$	I <sub>n</sub> (A)	F <sub>c</sub>	F <sub>s</sub>	I <sub>c</sub> (A)
C71	Alumbrado interior mantenimiento (33 lámparas)	13200	400	0,8	23,82	1,8	0,8	34,29
C72	Alumbrado interior zona descanso y oficina mantenimiento (66 lámparas)	2376	400	0,8	4,29	1,8	0,8	6,17
C73	Alumbrado interior vestuarios (44 lámparas)	792	400	0,8	1,43	1,8	0,8	2,06
C74	Alumbrado emergencia 1	110	230	0,8	0,6	1	1	0,6
C75	Alumbrado emergencia 2	72	230	0,8	0,39	1	1	0,39
C76	Secamanos	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C77	Tomas corriente ordenadores	3450	230	0,9	16,67	1	0,6	10
C78	Tomas corriente monofásicas	3450	230	0,9	16,67	1	0,5	8,33
C79	Tomas corriente trifásicas	5000	400	0,9	8,02	1	0,5	4,01
C710	Extractores	2000	400	0,9	3,21	1,25	1	4,01
C711	Termos	3450	230	0,9	16,67	1	0,7	11,669
TOTAL		37311		0,86	108,22			89,99

### 2.2.3. Cálculo de la potencia del transformador

Tras el cálculo de las potencias e intensidades, necesarias en el funcionamiento de la empresa, se ha visto que para estas necesidades de consumo y utilización el transformador más adecuado es uno de 1000 KVA ya que proporciona una intensidad de:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I = 1000 \times 10^3 / (400 \times \sqrt{3}) = 1443,38 \text{ A}$$

De esta forma la intensidad de la nave queda abastecida ya que la corriente requerida por la nave es de 1200,66 A.

### 2.3. Cálculo de las intensidades de línea

#### 2.3.1. Introducción

Una vez conocida la intensidad nominal de cada receptor se calcula la sección de la línea que lo va a alimentar de la siguiente manera:

1. Elige el tipo de conductor que se va a utilizar y por donde lo vamos a llevar hasta llegar al receptor, aparecen los siguientes condicionantes:
  - Material del conductor (aluminio o cobre):
  - Tipo de instalación (bajo tubo, por canaleta, por bandeja, empotrado, al aire,...).
  - Material aislante (PVC, XLPE).
  - Tipo de cable (unipolar, multiconductor).





Según lo que elijamos se tendrán en cuenta unos determinados factores de corrección. Este factor de corrección es un valor que depende de la temperatura ambiente, el tipo de canalización y el número de conductores que se alojan en la misma. Por tanto cuando las condiciones reales de la instalación sean distintas de las condiciones tipo, la intensidad admisible se debe corregir aplicando los factores de corrección que vienen recogidos en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en las ITC-BT 06 y 07.

2. Tras haber tomado la decisión de los tipos de conductores y la forma de llevarlos en el apartado 1, ya se pueden calcular las secciones de los conductores aplicando los siguientes criterios:

#### - CRITERIO TERMICO

Dependiendo de las opciones elegidas en el punto 1, se hallara la sección necesaria a partir de las tablas del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en las ITC-BT 06 si la línea es aérea, ITC-BT 07 si la línea es subterránea y ITC-BT 19 si es una instalación interior.

En este proyecto todas las líneas escogidas tienen en común son cables unipolares de cobre y con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE), excepto la línea de alumbrado que tiene un aislamiento formado por una mezcla especial termoplástico, cero de halógenos. Las líneas interiores serán bajo tubo o en bandeja perforada. La línea utilizada para alimentar los aparatos de alumbrado ubicados en el exterior será aérea e irá unida a la pared por el exterior o subterránea en función de la posición de las luminaras.

Por tanto, mirando la tabla 19.2 de la ITC-BT 19 se obtiene la sección de cada línea por criterio térmico en el caso de todas las instalaciones, exceptuando la acometida desde el centro de transformación al cuadro principal y la línea que une el cuadro principal con el cuadro auxiliar 6, que se utilizara la ITC-BT07.

#### - CAIDA DE TENSION

Teniendo en cuenta las condiciones que vienen recogidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, las máximas caídas de tensión en las líneas de fuerza serán de 6,5% y del 4,5% para las líneas de alumbrado.

Por lo tanto habrá que ver que sección es la adecuada para que la caída de tensión en las líneas no sea superior a los valores máximos.

Según sea la línea trifásica o monofásica tendremos distintas expresiones para calcular las secciones en función de las caídas de tensión.

Para el cálculo de la sección de una línea trifásica la función que utilizaremos será:

$$S = \frac{\sqrt{3} I L \cos \phi \times L}{\sigma \times \Delta V}$$

Para el caso de líneas monofásicas, la función utilizada será:

$$S = \frac{2 I L \cos \phi \times L}{\sigma \times \Delta V}$$

Donde:

S es la sección del conductor en mm<sup>2</sup>.

I es la intensidad de la línea (A).

L es la longitud del cable (m).

$\sigma$  es la conductividad del material utilizado (m/Ωmm<sup>2</sup>), en este caso la del cobre que es de 56 m/Ωmm<sup>2</sup>.

$\Delta V$  porcentaje de la caída de tensión admisible.  
 $\cos\phi$  factor de potencia total de la línea.

3. Una vez calculada la sección de la línea según los dos criterios se escogerá el resultado que de la mayor sección normalizada.

4. Para finalizar obtenemos la sección del neutro y del cable de protección siguiendo la tabla 1 de la ITC-BT 07 u otras ITC's correspondientes. El tipo de instalación y los conductores se detallan así como la tabla completa de cómo quedan los cables, se adjunta en el anexo de tablas.

### 2.3.2. Línea transformador C.G.D.

Dimensionaremos el conductor para la potencia nominal del transformador:

- $S = 1000 \text{ kVA}$
- $V = 400 \text{ V}$

$$I_a = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

$$I = 1000 \times 10^3 / (400 \times \sqrt{3}) = 1443,38 \text{ A}$$

Como se ha calculado, la corriente que tiene que soportar el cable de esta línea es de 1443,38 A. La distancia desde el centro de transformación hasta el cuadro general es de 50 metros.

La línea ira enterrada a 0,7m de profundidad bajo tubo de PVC.

Los cálculos se realizaran según la ITC-BT 07 tablas 5, 6 y 9 que dan la sección y el factor de corrección que se debe emplear para cables de cobre en canalización enterrada.

La distribución de la potencia del centro de transformación al C.D.G. la haremos subterránea. Para este caso el factor de corrección a aplicar será de 0,8 por ir enterrados bajo tubo. La intensidad que tendrán que soportar los conductores después de aplicarle el factor de corrección será:

$$I_{a'} = \frac{I_a}{F_c}$$

$$I_{a'} = 1443,38 / 0,8 = 1804,23 \text{ A}$$

La distribución de la corriente se realizara por medio de 4 conductores unipolares de cobre de sección  $240 \text{ mm}^2$ . Para el cable de neutro se utilizaran 2 conductores de  $120 \text{ mm}^2$  de sección. Para los conductores se utilizara XLPE como material aislante que es capaz de soportar 2200 A en servicio permanente.

Se calcula la caída de tensión:

$$L = 50 \text{ m}$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times I_c \times \cos\phi \times L}{\sigma \times S}$$

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \times 1500,83 \times 0,84 \times 50}{56 \times 4 \times 240} = 2,03$$

$$\Delta V(\%) = \frac{\Delta V \times 100}{400}$$

$$\Delta V(\%) = 0,51 \%$$



### 2.3.3. Interpretación de las tablas adjuntas

A continuación se explican las tablas que aparecen en los siguientes puntos y cuyos elementos ya se han explicado cómo se calculan.

- Circuito: Designación de la línea eléctrica a la que se hace referencia.
- $I_c'$ : Intensidad resultante de multiplicar la intensidad nominal por un factor de corrección (este factor de corrección depende del tipo de receptor: uno o varios motores, lámparas de inducción o de descarga, etc.).
- $F_c$ : Factor de corrección.
- $I$ : Intensidad nominal.
- $L$ : Longitud del cable.
- $S$ : Sección del conductor a utilizar, diferenciando si es fase neutro o cable de protección.
- $I_{adm}$ : Intensidad admisible por el conductor.
- $\Delta V$ : Caída de tensión en la línea en tanto por ciento.
- $\Delta VT$ : Caída de tensión total en la línea, desde origen de la instalación, en tanto por ciento.
- Diámetro del tubo: Diámetro del tubo que protege a los conductores. Se precisa este dato para todas las líneas aunque hay líneas en la que no es necesaria esta protección.

**2.3.4. Cuadro General de Distribución y Cuadros Auxiliares**

## 1. Cuadro General de Distribución

Circuito		Línea	I <sub>c</sub> (A)	F <sub>c</sub>	I <sub>c</sub> (A)	V(V)	cos φ	L (m)	Canalización	Conductores por fase	Sf (mm <sup>2</sup> )	S neutro (mm <sup>2</sup> )	S CP (mm <sup>2</sup> )	ΔV	ΔVT	Diámetro tubo (mm)
Origen	Destino															
C.T.	C.G.D.		1200,66	0,8	1500,825	400	0,84	50	Tubo subterráneo	4	240	120	120	0,51	0,51	300
C.G.D.	Cuadro zona cargadores baterías	L1	52,74	0,8	65,93	400	0,82	150	Tubo	5	16	10	10	0,78	1,29	32
C.G.D.	Cuadro alumbrado exterior	L2	57,21	0,8	71,51	400	0,80	10	Tubo	2	16	10	10	0,14	0,65	32
C.G.D.	Cuadro auxiliar 1	L3	140,83	0,75	187,77	400	0,86	130	Bandeja	2	70	50	50	1,16	1,67	—
C.G.D.	Cuadro auxiliar 2	L4	132,05	0,75	176,07	400	0,86	25	Bandeja	2	70	50	50	0,21	0,72	—
C.G.D.	Cuadro auxiliar 3	L5	184,3	0,75	245,73	400	0,83	40	Bandeja	2	120	70	70	0,26	0,77	—
C.G.D.	Cuadro auxiliar 4	L6	184,3	0,75	245,73	400	0,83	150	Bandeja	2	120	70	70	0,99	1,50	—
C.G.D.	Cuadro auxiliar 5	L7	50,3	0,8	62,88	400	0,85	5	Tubo	2	16	10	10	0,06	0,57	32
C.G.D.	Cuadro auxiliar 6	L8	297,27	0,8	371,59	400	0,87	35	Tubo subterráneo	3	95	50	50	0,31	0,82	160
C.G.D.	Cuadro auxiliar 7	L9	78,32	0,8	97,90	400	0,86	110	Tubo	2	25	16	16	1,43	1,94	32



## 2. Cuadro zona cargadores de baterías

Circuito		Línea	$I_c$ (A)	$F_c$	$I_{c'}$ (A)	$V(V)$	$\cos \varphi$	$L$ (m)	Canalización	Conductores por fase	$S_f$ (mm <sup>2</sup> )	$S$ neutro (mm <sup>2</sup> )	$S_{CP}$ (mm <sup>2</sup> )	$\Delta V$	$\Delta VT$	Diámetro tubo (mm)
Origen	Destino															
Cuadro zona cargadores baterías	Alumbrado	CCB1	5,12	0,9	5,69	400	0,80	35	Tubo grapado	1	2,5	2,5	2,5	0,49	1,79	25
Cuadro zona cargadores baterías	Alumbrado emergencia	CCB2	0,07	0,9	0,08	230	0,80	15	Tubo grapado	1	2,5	2,5	2,5	0,003	1,30	25
Cuadro zona cargadores baterías	Fuerza zona cargadores	CCB3	47,55	0,9	52,83	400	0,85	22	Tubo grapado	2	10	6	6	0,38	1,68	25

## 3. Cuadro alumbrado exterior

Circuito		Línea	$I_c$ (A)	$F_c$	$I_{c'}$ (A)	$V(V)$	$\cos \varphi$	$L$ (m)	Canalización	Conductores por fase	$S_f$ (mm <sup>2</sup> )	$S$ neutro (mm <sup>2</sup> )	$S_{CP}$ (mm <sup>2</sup> )	$\Delta V$	$\Delta VT$	Diámetro tubo (mm)
Origen	Destino															
Cuadro alumbrado exterior	Línea 1 alumbrado exterior	CAE1	19,79	0,9	21,99	400	0,80	250	Tubo subterráneo	1	16	10	10	2,13	2,77	160
Cuadro alumbrado exterior	Línea 2 alumbrado exterior	CAE2	18,71	0,9	20,79	400	0,80	230	Tubo grapado	1	16	10	10	1,85	2,50	25
Cuadro alumbrado exterior	Línea 3 alumbrado exterior	CAE3	18,71	0,9	20,79	400	0,80	410	Tubo grapado	2	16	10	10	1,65	2,30	25



## 4. Cuadro Auxiliar 1

Circuito		Línea	I <sub>c</sub> (A)	F <sub>c</sub>	I <sub>c</sub> (A)	V(V)	cos $\varphi$	L (m)	Canalización	Conductores por fase	S <sub>f</sub> (mm <sup>2</sup> )	S neutro (mm <sup>2</sup> )	S CP (mm <sup>2</sup> )	$\Delta V$	$\Delta VT$	Diámetro tubo (mm)
Origen	Destino															
Cuadro auxiliar 1	Motores puertas 1-8	C11	24,06	0,75	32,08	400	0,9	105	Bandeja - tubo	1	16	16	16	1,47	3,13	32
Cuadro auxiliar 1	Motores puertas 9-16	C12	24,06	0,75	32,08	400	0,9	70	Bandeja - tubo	1	16	16	16	0,98	2,65	32
Cuadro auxiliar 1	Motores puertas 17-23	C13	21,05	0,75	28,07	400	0,9	35	Bandeja - tubo	1	16	16	16	0,43	2,10	32
Cuadro auxiliar 1	Alumbrado interior 1	C14	16,63	0,75	22,17	400	0,80	135	Bandeja - tubo	1	10	6	6	1,85	3,52	25
Cuadro auxiliar 1	Alumbrado interior 2	C15	16,63	0,75	22,17	400	0,80	110	Bandeja - tubo	1	10	6	6	1,51	3,18	25
Cuadro auxiliar 1	Alumbrado interior 3	C16	16,52	0,75	22,03	400	0,80	135	Bandeja - tubo	1	10	6	6	1,84	3,51	25
Cuadro auxiliar 1	Alumbrado emergencia 1	C17	0,72	0,75	0,96	230	0,80	125	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,343	2,01	25
Cuadro auxiliar 1	Alumbrado emergencia 2	C18	0,67	0,75	0,89	230	0,80	125	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,319	1,99	25
Cuadro auxiliar 1	Tomas de corriente monofásicas	C19	8,33	0,75	11,11	230	0,90	125	Bandeja - tubo	1	6	6	6	1,859	3,53	25
Cuadro auxiliar	Extractores	C110	4,01	0,75	5,35	400	0,90	80	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	1,19	2,86	25



Eduardo Garcia Garcia

Universidad Pública de Navarra

1																
Cuadro auxiliar 1	Secamanos	C111	8,33	0,75	11,11	230	0,90	110	Bandeja - tubo	1	6	6	6	1,64	3,31	25
Cuadro auxiliar 1	Termo	C112	8,33	0,75	11,11	230	0,90	110	Bandeja - tubo	1	6	6	6	1,64	3,31	25

## 5. Cuadro Auxiliar 2

Circuito		Línea	I <sub>c</sub> (A)	F <sub>c</sub>	I <sub>c</sub> (A)	V(V)	cos φ	L (m)	Canalización	Conductores por fase	S <sub>f</sub> (mm <sup>2</sup> )	S neutro (mm <sup>2</sup> )	S CP (mm <sup>2</sup> )	ΔV	ΔVT	Diámetro tubo (mm)
Origen	Destino															
Cuadro auxiliar 2	Motores puertas 24-31	C21	24,06	0,75	32,08	400	0,9	115	Bandeja - tubo	1	16	16	16	1,60	2,32	32
Cuadro auxiliar 2	Motores puertas 32-39	C22	24,06	0,75	32,08	400	0,9	75	Bandeja - tubo	1	16	16	16	1,05	1,77	32
Cuadro auxiliar 2	Motores puertas 40-47	C23	21,05	0,75	28,07	400	0,9	40	Bandeja - tubo	1	16	16	16	0,49	1,21	32
Cuadro auxiliar 2	Alumbrado interior 1	C24	16,63	0,75	22,17	400	0,80	135	Bandeja - tubo	1	10	6	6	1,85	2,57	25
Cuadro auxiliar 2	Alumbrado interior 2	C25	16,63	0,75	22,17	400	0,80	110	Bandeja - tubo	1	10	6	6	1,51	2,23	25
Cuadro auxiliar 2	Alumbrado interior 3	C26	15,59	0,75	20,79	400	0,80	135	Bandeja - tubo	1	10	6	6	1,84	3,51	25
Cuadro auxiliar 2	Alumbrado emergencia 1	C27	0,92	0,75	0,83	230	0,80	125	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,295	1,01	25



Eduardo Garcia Garcia

Universidad Pública de Navarra

Cuadro auxiliar 2	Alumbrado emergencia 2	C28	0,67	0,75	0,89	230	0,80	125	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,319	1,04	25
Cuadro auxiliar 2	Tomas de corriente monofásicas	C29	8,33	0,75	11,11	230	0,90	130	Bandeja - tubo	1	6	6	6	1,934	2,65	25
Cuadro auxiliar 2	Extractores	C210	4,01	0,75	5,35	400	0,90	105	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	1,56	2,28	25

## 6. Cuadro Auxiliar 3

Circuito		Línea	I <sub>c</sub> (A)	F <sub>c</sub>	I <sub>c</sub> (A)	V(V)	cos φ	L (m)	Canalización	Conductores por fase	S <sub>f</sub> (mm <sup>2</sup> )	S neutro (mm <sup>2</sup> )	S CP (mm <sup>2</sup> )	ΔV	ΔVT	Diámetro tubo (mm)
Origen	Destino															
Cuadro auxiliar 3	Alumbrado interior 1	C31	28,06	0,75	37,41	400	0,8	190	Bandeja - tubo	1	25	16	16	1,76	2,53	32
Cuadro auxiliar 3	Alumbrado interior 2	C32	28,06	0,75	37,41	400	0,8	180	Bandeja - tubo	1	25	16	16	1,67	2,44	32
Cuadro auxiliar 3	Alumbrado interior 3	C33	28,06	0,75	37,41	400	0,8	165	Bandeja - tubo	1	25	16	16	1,53	2,30	32
Cuadro auxiliar 3	Alumbrado interior 4	C34	28,06	0,75	37,41	400	0,8	145	Bandeja - tubo	1	25	16	16	1,34	2,12	32
Cuadro auxiliar 3	Alumbrado interior 5	C35	28,06	0,75	37,41	400	0,8	125	Bandeja - tubo	1	25	16	16	1,16	1,93	32
Cuadro auxiliar 3	Alumbrado interior 6	C36	23,9	0,75	31,87	400	0,80	110	Bandeja - tubo	1	25	16	16	0,87	1,64	32





Eduardo Garcia Garcia

Universidad Pública de Navarra

Cuadro auxiliar 3	Alumbrado emergencia 1	C37	0,64	0,75	0,85	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,45	1,22	25
Cuadro auxiliar 3	Alumbrado emergencia 2	C38	0,64	0,75	0,85	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,45	1,22	25
Cuadro auxiliar 3	Alumbrado emergencia 3	C39	0,64	0,75	0,85	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,45	1,22	25
Cuadro auxiliar 3	Alumbrado emergencia 4	C310	0,78	0,75	1,04	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,55	1,32	25
Cuadro auxiliar 3	Alumbrado emergencia 5	C311	0,62	0,75	0,83	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,44	1,21	25
Cuadro auxiliar 3	Alumbrado emergencia 6	C312	0,62	0,75	0,83	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,44	1,21	25
Cuadro auxiliar 3	Tomas de corriente monofásicas	C313	8,33	0,75	11,11	230	0,90	160	Bandeja - tubo	1	6	6	6	2,38	3,15	25
Cuadro auxiliar 3	Tomas de corriente trifásicas	C314	4,01	0,75	5,35	400	0,90	185	Bandeja - tubo	1	6	4	4	1,15	1,92	25
Cuadro auxiliar 3	Extractores	C315	4,01	0,75	5,35	400	0,90	170	Bandeja - tubo	1	6	4	4	1,05	1,83	25

#### 7. Cuadro Auxiliar 4

Circuito		Línea	I <sub>c</sub> (A)	F <sub>c</sub>	I <sub>c</sub> (A)	V(V)	cos φ	L (m)	Canalización	Conductores por fase	S <sub>f</sub> (mm <sup>2</sup> )	S neutro (mm <sup>2</sup> )	S CP (mm <sup>2</sup> )	ΔV	ΔVT	Diámetro tubo (mm)
Origen	Destino															
Cuadro auxiliar	Alumbrado interior 1	C41	28,06	0,75	37,41	400	0,8	190	Bandeja - tubo	1	25	16	16	1,76	2,53	32



Eduardo Garcia Garcia

Universidad Pública de Navarra

4																
Cuadro auxiliar 4	Alumbrado interior 2	C42	28,06	0,75	37,41	400	0,8	180	Bandeja - tubo	1	25	16	16	1,67	2,44	32
Cuadro auxiliar 4	Alumbrado interior 3	C43	28,06	0,75	37,41	400	0,8	165	Bandeja - tubo	1	25	16	16	1,53	2,30	32
Cuadro auxiliar 4	Alumbrado interior 4	C44	28,06	0,75	37,41	400	0,8	145	Bandeja - tubo	1	25	16	16	1,34	2,12	32
Cuadro auxiliar 4	Alumbrado interior 5	C45	28,06	0,75	37,41	400	0,8	125	Bandeja - tubo	1	25	16	16	1,16	1,93	32
Cuadro auxiliar 4	Alumbrado interior 6	C46	23,9	0,75	31,87	400	0,80	110	Bandeja - tubo	1	25	16	16	0,87	1,64	32
Cuadro auxiliar 4	Alumbrado emergencia 1	C47	0,64	0,75	0,85	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,45	1,22	25
Cuadro auxiliar 4	Alumbrado emergencia 2	C48	0,64	0,75	0,85	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,45	1,22	25
Cuadro auxiliar 4	Alumbrado emergencia 3	C49	0,64	0,75	0,85	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,45	1,22	25
Cuadro auxiliar 4	Alumbrado emergencia 4	C410	0,78	0,75	1,04	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,55	1,32	25
Cuadro auxiliar 4	Alumbrado emergencia 5	C411	0,62	0,75	0,83	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,44	1,21	25
Cuadro auxiliar 4	Alumbrado emergencia 6	C412	0,62	0,75	0,83	230	0,80	185	Bandeja - tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,44	1,21	25



Eduardo Garcia Garcia

Universidad Pública de Navarra

Cuadro auxiliar 4	Tomas de corriente monofásicas	C413	8,33	0,75	11,11	230	0,90	160	Bandeja - tubo	1	6	6	6	2,38	3,15	25
Cuadro auxiliar 4	Tomas de corriente trifásicas	C414	4,01	0,75	5,35	400	0,90	185	Bandeja - tubo	1	6	4	4	1,15	1,92	25
Cuadro auxiliar 4	Extractores	C415	4,01	0,75	5,35	400	0,90	170	Bandeja - tubo	1	6	4	4	1,05	1,83	25

## 8. Cuadro Auxiliar 5

Circuito		Línea	I <sub>c</sub> (A)	F <sub>c</sub>	I <sub>c</sub> (A)	V(V)	cos φ	L (m)	Canalización	Conductores por fase	S <sub>f</sub> (mm <sup>2</sup> )	S neutro (mm <sup>2</sup> )	S CP (mm <sup>2</sup> )	ΔV	ΔVT	Diámetro tubo (mm)
Origen	Destino															
Cuadro auxiliar 5	Alumbrado interior oficinas 1	C51	7,11	0,8	8,89	400	0,8	35	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,77	1,34	25
Cuadro auxiliar 5	Alumbrado interior oficinas 2	C52	7,11	0,8	8,89	400	0,8	35	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,77	1,34	25
Cuadro auxiliar 5	Alumbrado interior aseos	C53	1,15	0,8	1,44	400	0,8	30	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,11	0,68	25
Cuadro auxiliar 5	Alumbrado emergencia 1	C54	0,54	0,8	0,68	230	0,8	25	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,05	0,62	25
Cuadro auxiliar 5	Alumbrado emergencia 2	C55	0,56	0,8	0,7	230	0,8	25	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,05	0,62	25
Cuadro auxiliar 5	Tomas de corriente monofásicas	C56	8,33	0,8	10,41	230	0,90	30	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	1,00	1,58	25



Eduardo Garcia Garcia

Universidad Pública de Navarra

Cuadro auxiliar 5	Tomas de corriente ordenadores	C57	10	0,8	12,50	230	0,90	25	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,87	1,44	25
Cuadro auxiliar 5	Secamanos	C58	8,33	0,8	10,41	230	0,90	25	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,84	1,41	25
Cuadro auxiliar 5	Aire acondicionado	C59	7,19	0,8	8,99	400	0,90	25	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,63	1,20	25

## 9. Cuadro Auxiliar 6

Circuito		Línea	I <sub>c</sub> (A)	F <sub>c</sub>	I <sub>c</sub> (A)	V(V)	cos φ	L (m)	Canalización	Conductores por fase	Sf (mm <sup>2</sup> )	S neutro (mm <sup>2</sup> )	S CP (mm <sup>2</sup> )	ΔV	ΔVT	Diámetro tubo (mm)
Origen	Destino															
Cuadro auxiliar 6	Alumbrado interior	C61	1,4	0,90	1,56	400	0,8	15	Tubo grapado	1	2,5	2,5	2,5	0,06	0,87	25
Cuadro auxiliar 6	Alumbrado emergencia	C62	0,1	0,90	0,17	230	0,8	15	Tubo grapado	1	2,5	2,5	2,5	0,01	0,82	25
Cuadro auxiliar 6	Tomas de corriente monofásicas	C63	8,33	0,90	9,26	230	0,90	15	Tubo grapado	1	2,5	2,5	2,5	0,45	1,26	25
Cuadro auxiliar 6	Tomas de corriente trifásicas	C64	4,01	0,90	4,46	400	0,90	15	Tubo grapado	1	2,5	2,5	2,5	0,19	1,00	25
Cuadro auxiliar 6	Grupo bombeo sistema contra incendios	C65	283,38	0,75	377,84	400	0,97	10	Tubo grapado	2	185	95	95	0,08	0,89	160



## 10. Cuadro Auxiliar 7

Circuito		Línea	I <sub>c</sub> (A)	F <sub>c</sub>	I <sub>c</sub> ' (A)	V(V)	cos φ	L (m)	Canalización	Conductores por fase	S <sub>f</sub> (mm <sup>2</sup> )	S neutro (mm <sup>2</sup> )	S CP (mm <sup>2</sup> )	ΔV	ΔVT	Diámetro tubo (mm)
Origen	Destino															
Cuadro auxiliar 7	Alumbrado interior mantenimiento	C71	34,29	0,75	45,72	400	0,8	80	Bandeja - tubo	1	10	6	6	2,26	4,20	25
Cuadro auxiliar 7	Alumbrado interior oficina mantenimiento y zona descanso	C72	6,17	0,8	7,71	400	0,8	70	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	1,34	3,28	25
Cuadro auxiliar 7	Alumbrado interior vestuarios	C73	2,06	0,8	2,58	400	0,80	30	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,19	2,13	25
Cuadro auxiliar 7	Alumbrado emergencia 1	C74	0,6	0,8	0,75	230	0,80	70	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,13	2,07	25
Cuadro auxiliar 7	Alumbrado emergencia 2	C75	0,39	0,8	0,49	230	0,80	70	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,08	2,03	25
Cuadro auxiliar 7	Secamanos	C76	8,33	0,8	10,41	230	0,90	15	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,50	2,44	25
Cuadro auxiliar 7	Tomas de corriente ordenadores	C77	10	0,8	12,50	230	0,90	45	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	1,81	3,75	25
Cuadro auxiliar 7	Tomas de corriente monofásicas	C78	8,33	0,8	10,41	230	0,90	40	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	1,34	3,28	25
Cuadro auxiliar 7	Tomas corriente trifásicas	C79	4,01	0,8	5,01	400	0,90	40	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,56	2,50	25



Eduardo Garcia Garcia

Universidad Pública de Navarra

Cuadro auxiliar 7	Extractores	C710	4,01	0,8	5,01	400	0,90	40	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	0,56	2,50	25
Cuadro auxiliar 7	Termos	C711	11,67	0,8	14,59	230	0,90	22	Tubo	1	2,5	2,5	2,5	1,03	2,97	25



## 2.4. Cálculo de las intensidades de cortocircuito

### 2.4.1. Introducción

El cálculo de la corriente de cortocircuito en diferentes puntos de una instalación tiene por objeto determinar el poder de corte de los dispositivos de protección en los puntos considerados, estos puntos serán los cuadros de distribución, ya que es aquí donde se colocaran las protecciones.

El poder de corte y el calibre calculado para las protecciones magnetotérmicas, serán los que utilizaran para las protecciones diferenciales.

El poder de corte de las protecciones deberá ser de igual o superior a la corriente de cortocircuito  $I_{cc}$  calculada para su valor máximo en ausencia del dispositivo de protección.

Para el cálculo de las intensidades de cortocircuito se seguirá el método de las impedancias descrito en la memoria del presente proyecto.

### 2.4.2. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el secundario del transformador

En primer lugar se calcula la impedancia aguas arriba del transformador. La potencia de cortocircuito que proporciona la red es  $S_{cc} = 500$  MVA. (Dato obtenido de la compañía suministradora, en nuestro caso Iberdrola S.A.).

$$Z_{BT} = \frac{U_s^2}{S_{cc}}$$

$$Z_{BT} = \frac{400^2}{500 \times 10^6} = j0,32 m\Omega$$

Donde:

$U_s$  tensión en vacío del secundario en voltios.

$S_{cc}$  potencia de cortocircuito de la red VA.

$Z_{BT}$ , impedancia aguas arriba en  $\Omega$ .

En segundo lugar se calcula la impedancia del transformador, considerando despreciable la impedancia de la apartamentada de alta tensión; también se desprecia la resistencia del transformador frente a la impedancia. Como el transformador es de 1000 KVA, el valor de  $U_{cc}$  es de 6 %.

$$Z_T = X_T = \frac{U_{cc} \times U_s^2}{S \times 100}$$

$$Z_T = X_T = \frac{6 \times 400^2}{1000 \times 10^3 \times 100} = j9,6 m\Omega$$

En tercer lugar se calcula la corriente de cortocircuito en la línea que une nuestro transformador a la red de distribución. Puesto que en este tramo de la línea la sección de la misma es de  $150 \text{ mm}^2$ , podemos despreciar la reactancia de la línea y considerar solo la resistencia:

$\rho = 0,028 \text{ mm}^2/\text{m}$  (Iberdrola solo utiliza aluminio para realizar las acometidas).

$$R_{L1} = \frac{\rho \times L}{A}$$

$$R_{L1} = \frac{0,028 \times 15}{150} = 2,8 m\Omega$$

Hay que pasar el valor de esta resistencia al lado de baja tensión para ello usamos la relación de transformación:

$$R_{BT} = R_{L1} x \left( \frac{U_{BT}}{U_{AT}} \right)^2$$

$$R_{BT} = 2,8 \times 10^{-3} x \left( \frac{400}{13200} \right)^2 = 2,57 \mu\Omega$$

Entonces, con estos datos se puede calcular la intensidad del cortocircuito en el secundario del transformador:

$$Z_{d1} = Z_{BT} + Z_T + R_{BT}$$

$$Z_{d1} = j0,32 \times 10^{-3} + j9,6 \times 10^{-3} + 2,57 \times 10^{-6} = (2,57 \times 10^{-6} + j9,92 \times 10^{-3}) \Omega$$

$$|Z_{d1}| = 9,92 \times 10^{-3} \Omega$$

$$I_{cc \max} = \frac{CxU_s}{\sqrt{3}xZ_d}$$

$$I_{cc \max} = \frac{1x400}{\sqrt{3}x9,92 \times 10^{-3}} = 23280,25 A \rightarrow pdc = 25 kA$$

Donde:

$U_s$  tensión en vacío entre fases en voltios.

$U_{cc}$  tensión de cortocircuito en %.

$S$  potencia aparente en KVA.

$Z, X$  impedancia o reactancia del secundario en  $\Omega$ .

El poder de corte de los magnetotérmicos a colocar en el cuadro de baja tensión del centro de transformación será de 25 KA.

#### 2.4.3. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en el C.G.D.

Se parte de los datos obtenidos en el secundario del transformador en los que tenemos una impedancia  $Z_d = 2,57 \times 10^{-6} + j9,92 \times 10^{-3} \Omega$ , que recoge la impedancia de red, la de la acometida al C.T. y la del propio C.T. A lo que se le añade la impedancia de las protecciones y la de la acometida al Cuadro General de Distribución.

$$R_{L2} = \frac{\rho x L}{A} = \frac{0,018 x 50}{240} = 3,75 m\Omega$$

$$X_{L2} = \frac{0,08}{L} = \frac{0,08}{50} = j1,6 m\Omega$$

$$Z_{aut} = 3x0,15 = 0,45 j m\Omega$$

$$Z_{d2} = Z_{d1} + R_{L2} + X_{L2} + Z_{aut} = 2,57 \times 10^{-6} + j9,92 \times 10^{-3} + 3,75 \times 10^{-3} + j1,6 \times 10^{-3} + j0,45 \times 10^{-3}$$

$$Z_{d2} = 3,75 \times 10^{-3} + j11,97 \times 10^{-3} \Omega$$

$$|Z_{d2}| = 12,54 \times 10^{-3} \Omega$$

$$I_{cc \max} = \frac{CxU_s}{\sqrt{3}xZ_{d2}} = \frac{1x400}{\sqrt{3}x12,54 \times 10^{-3}} = 18416,28 A \rightarrow pdc = 22 kA$$

El magnetotérmico que colocaremos en el Cuadro General de Distribución será de 22 kA de poder de corte.

#### 2.4.4. Cálculo de la intensidad de cortocircuito en los cuadros auxiliares





	Línea	lcc máx.	lcc máx. (KA)	Pdc (KA)	lcc min.		lcc min. (KA)	Protección			
		Z <sub>d2</sub> (Ω)			Z <sub>d</sub> (Ω)	Z <sub>0</sub> (Ω)		Ical (A)	Iadm (A)	Calibre	Curva
C.G.D.	Cabecera	0,013	18416,28	22	0,914	2,7422	0,144	1500,83	2200	1600	C
	L1	0,013	18416,28	22	0,798	2,394	0,165	65,93	400	125	C
	L2	0,013	18416,28	22	0,914	2,7422	0,144	71,51	160	125	C
	L3	0,013	18416,28	22	0,5373	1,6122	0,245	187,77	488	400	C
	L4	0,013	18416,28	22	0,4863	1,4592	0,271	176,07	488	400	C
	L5	0,013	18416,28	22	0,2817	0,8458	0,467	245,73	696	630	C
	L6	0,013	18416,28	22	0,3143	0,9435	0,419	245,73	696	630	C
	L7	0,013	18416,28	22	0,5022	1,5072	0,262	62,88	160	100	C
	L8	0,013	18416,28	22	0,2276	0,6839	0,578	371,59	1005	800	C
	L9	0,013	18416,28	22	0,4356	1,3073	0,302	97,9	212	160	C
Cuadro zona bombas	Cabecera	0,165	1404,15	4,5	0,798	2,394	0,165	65,93	400	100	C
	CCB 1	0,165	1404,15	4,5	0,798	2,394	0,165	5,69	25	16	C
	CCB 2	0,165	1404,15	4,5	0,5219	1,5658	0,251	0,08	25	16	C
	CCB 3	0,165	1404,15	4,5	0,3907	1,17	0,337	52,83	120	80	C
Cuadro alumbrado exterior	Cabecera	0,0195	11858,59	22	0,914	2,7422	0,144	71,51	160	100	C
	CAE 1	0,0195	11858,59	22	0,5685	1,7057	0,232	21,99	125	50	C
	CAE 2	0,0195	11858,59	22	0,5253	1,5762	0,251	20,79	60	50	C
	CAE 3	0,0195	11858,59	22	0,914	2,7422	0,144	20,79	120	50	C
Cuadro auxiliar 1	Cabecera	0,039	5891,59	6	0,5373	1,6122	0,245	187,77	488	250	C
	C 11	0,039	5891,59	6	0,2976	0,8937	0,442	32,08	80	63	C
	C 12	0,039	5891,59	6	0,2218	0,6654	0,592	32,08	80	63	C
	C 13	0,039	5891,59	6	0,1467	0,4417	0,895	28,07	80	63	C
	C 14	0,039	5891,59	6	0,5373	1,6122	0,245	22,17	60	32	C
	C 15	0,039	5891,59	6	0,4509	1,3531	0,292	22,17	60	32	C
	C 16	0,039	5891,59	6	0,33002	0,9908	0,399	22,03	60	32	C
	C 17	0,039	5891,59	6	1,7986	5,3958	0,073	0,96	25	10	C
	C 18	0,039	5891,59	6	1,7986	5,3958	0,073	0,89	25	10	C



Eduardo Garcia Garcia

Universidad Pública de Navarra

	C 19	0,039	5891,59	6	0,79	2,3723	0,166	11,11	44	25	C
	C 110	0,039	5891,59	6	1,1766	3,53	0,112	5,35	25	20	C
	C 111	0,039	5891,59	6	0,7	2,11	0,186	11,11	44	20	C
	C 112	0,039	5891,59	6	0,7	2,11	0,186	11,11	44	20	C
Cuadro auxiliar 2	Cabecera	0,016	14381,61	22	0,4863	1,4592	0,271	176,07	488	250	C
	C 21	0,016	14381,61	22	0,2683	0,8057	0,490	32,08	80	63	C
	C 22	0,016	14381,61	22	0,1821	0,55	0,722	32,08	80	63	C
	C 23	0,016	14381,61	22	0,1067	0,3223	1,228	28,07	80	63	C
	C 24	0,016	14381,61	22	0,4863	1,4592	0,271	22,17	60	32	C
	C 25	0,016	14381,61	22	0,3999	1,2002	0,329	22,17	60	32	C
	C 26	0,016	14381,61	22	0,2791	0,838	0,471	20,79	60	32	C
	C 27	0,016	14381,61	22	1,7476	5,243	0,075	0,83	25	10	C
	C 28	0,016	14381,61	22	1,7476	5,243	0,075	0,89	25	10	C
	C 29	0,016	14381,61	22	0,7685	2,3046	0,171	11,11	44	25	C
	C 210	0,016	14381,61	22	1,4711	4,4136	0,09	5,35	25	20	C
Cuadro auxiliar 3	Cabecera	0,016	14625,87	22	0,2817	0,8458	0,467	245,73	696	400	C
	C 31	0,016	14625,87	22	0,2817	0,8458	0,467	37,41	106	50	C
	C 32	0,016	14625,87	22	0,2679	0,8045	0,491	37,41	106	50	C
	C 33	0,016	14625,87	22	0,2472	0,7422	0,540	37,41	106	50	C
	C 34	0,016	14625,87	22	0,2196	0,6597	0,599	37,41	106	50	C
	C 35	0,016	14625,87	22	0,192	0,5769	0,685	37,41	106	50	C
	C 36	0,016	14625,87	22	0,1713	0,5151	0,768	31,87	106	50	C
	C 37	0,016	14625,87	22	2,58	7,7288	0,061	0,85	25	10	C
	C 38	0,016	14625,87	22	2,58	7,7288	0,061	0,85	25	10	C
	C 39	0,016	14625,87	22	2,58	7,7288	0,061	0,85	25	10	C
	C 310	0,016	14625,87	22	2,58	7,7288	0,082	1,04	25	10	C
	C 311	0,016	14625,87	22	2,58	7,7288	0,051	0,83	25	10	C
	C 312	0,016	14625,87	22	2,58	7,7288	0,051	0,83	25	10	C
	C 313	0,016	14625,87	22	0,9404	2,8214	0,139	11,11	44	32	C
	C 314	0,016	14625,87	22	1,0844	3,2533	0,121	5,35	44	32	C
	C 315	0,016	14625,87	22	0,998	2,9942	0,735	5,35	44	32	C



Eduardo Garcia Garcia

Universidad Pública de Navarra

Cuadro auxiliar 4	Cabecera	0,029	7952,5	10	0,3143	0,9435	0,419	245,73	696	400	C
	C 41	0,029	7952,5	10	0,3143	0,9435	0,419	37,41	106	50	C
	C 42	0,029	7952,5	10	0,3005	0,9021	0,438	37,41	106	50	C
	C 43	0,029	7952,5	10	0,2798	0,840	0,206	37,41	106	50	C
	C 44	0,029	7952,5	10	0,2521	0,7572	0,522	37,41	106	50	C
	C 45	0,029	7952,5	10	0,2245	0,6746	0,586	37,41	106	50	C
	C 46	0,029	7952,5	10	0,2038	0,6124	0,645	31,87	106	50	C
	C 47	0,029	7952,5	10	2,6088	7,8266	0,06	0,85	25	10	C
	C 48	0,029	7952,5	10	2,1941	6,5825	0,06	0,85	25	10	C
	C 49	0,029	7952,5	10	1,6412	4,9236	0,06	0,85	25	10	C
	C 410	0,029	7952,5	10	2,6088	7,8266	0,08	1,04	25	10	C
	C 411	0,029	7952,5	10	2,1941	6,5825	0,05	0,83	25	10	C
	C 412	0,029	7952,5	10	1,6412	4,9236	0,05	0,83	25	10	C
	C 413	0,029	7952,5	10	1,038	3,1144	0,126	11,11	44	32	C
	C 414	0,029	7952,5	10	1,117	3,35	0,118	5,35	44	32	C
	C 415	0,029	7952,5	10	1,0307	3,0922	0,128	5,35	44	32	C
Cuadro auxiliar 5	Cabecera	0,016	14840,89	22	0,5022	1,5072	0,262	62,88	160	80	C
	C 51	0,016	14840,89	22	0,5022	1,5072	0,262	8,89	25	16	C
	C 52	0,016	14840,89	22	0,5022	1,5072	0,262	8,89	25	16	C
	C 53	0,016	14840,89	22	0,4331	1,2998	0,304	1,44	25	16	C
	C 54	0,016	14840,89	22	0,364	1,0914	0,36	0,68	25	10	C
	C 55	0,016	14840,89	22	0,364	1,0914	0,36	0,7	25	10	C
	C 56	0,016	14840,89	22	0,4331	1,2998	0,303	10,41	25	16	C
	C 57	0,016	14840,89	22	0,364	1,0914	0,36	12,5	25	20	C
	C 58	0,016	14840,89	22	0,364	1,0914	0,36	10,41	25	16	C
	C 59	0,016	14840,89	22	0,364	1,0914	0,362	8,99	25	20	C
Cuadro auxiliar 6	Cabecera	0,016	14266,61	22	0,2276	0,6839	0,578	371,59	1005	700	C
	C 61	0,016	14266,61	22	0,2276	0,6839	0,578	1,56	25	16	C
	C 62	0,016	14266,61	22	0,2276	0,6839	0,575	0,17	25	10	C
	C 63	0,016	14266,61	22	0,2276	0,6839	0,578	9,26	25	16	C
	C 64	0,016	14266,61	22	0,2276	0,6839	0,575	4,46	25	20	C



Eduardo Garcia Garcia

Universidad Pública de Navarra

Cuadro auxiliar 7	C 65	0,016	14266,61	22	0,025	0,0837	4,911	377,84	772	630	C
	Cabecera	0,084	2753,4	4,5	0,4356	1,3073	0,302	97,9	212	125	C
	C 71	0,084	2753,4	4,5	0,4356	1,3073	0,302	45,72	60	50	C
	C 72	0,084	2753,4	4,5	1,1267	3,35	0,118	7,71	25	16	C
	C 73	0,084	2753,4	4,5	0,5738	1,7216	0,229	2,58	25	16	C
	C 74	0,084	2753,4	4,5	1,1267	3,35	0,117	0,75	25	10	C
	C 75	0,084	2753,4	4,5	1,1267	3,35	0,117	0,49	25	10	C
	C 76	0,084	2753,4	4,5	0,3665	1,1001	0,358	10,41	25	16	C
	C 77	0,084	2753,4	4,5	0,7811	2,3436	0,168	12,5	25	16	C
	C 78	0,084	2753,4	4,5	0,712	2,1363	0,184	10,41	25	16	C
	C 79	0,084	2753,4	4,5	0,712	2,1363	0,185	5,01	25	20	C
	C 710	0,084	2753,4	4,5	0,712	2,1363	0,185	5,01	25	16	C
	C 711	0,084	2753,4	4,5	0,4632	1,39	0,283	14,59	25	20	C



## 2.5. Cálculo de la instalación de puesta a tierra

### 2.5.1. Introducción

Según la ITC-BT 18 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y tal como esta explicado en la memoria del presente proyecto, la diferencia de tensión entre masa y tierra no puede ser nunca superior a 24 voltios en lugares húmedos o de 50 voltios en lugares secos.

Con el objetivo de hacer más segura la instalación y la nave industrial no sea un local espacialmente húmedo, a la hora de calcular la puesta a tierra se ha de tener en cuenta el valor de 24 voltios. Por tanto, la instalación estará protegida para que en caso de que cualquier masa pueda ponerse en tensión, esta no supere los 24 voltios.

La resistividad del terreno según la tabla 14.3 de la ITC-BT 18, para margas y arcillas compactas, esta entre 100 y 200  $\Omega\text{m}$ .

La corriente máxima de disparo del interruptor diferencial más sensible, que se tendrá en cuenta será de 300 mA.

Entonces, la resistencia del circuito de protección, entendiéndolo desde la conexión a masa hasta el paso a tierra, deberá cumplir la siguiente expresión:

$$R \leq V_c / I_s$$

Donde:

R resistencia de puesta a tierra en  $\Omega$ .

$V_c$  tensión de contacto en V.

$I_s$  sensibilidad del interruptor diferencial en A.

Por tanto:

$$R \leq V_c / I_s \leq 24 / 0,3 = 80 \Omega$$

### 2.5.2. Instalación de puesta a tierra

El electrodo está formado por 4 picas de acero recubiertas de cobre de 20 mm de diámetro y 2 m de longitud, situadas una en cada esquina de la nave unidas por medio de un conductor desnudo de cobre de 50 mm<sup>2</sup>. Esta ira unida al mallazo de cimentación a través de un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección por medio de soldaduras aluminotécnicas, formando así una superficie equipotencial a lo largo de toda la nave.

Del cuadro de distribución general se unirá al conductor principal de tierra a través de un conductor de cobre de 50 mm<sup>2</sup>. Del cuadro de distribución general partirán las derivaciones a los cuadros auxiliares de distribución y de estos partirán los conductores de protección a los distintos receptores.

Una vez elegido cual va a ser la configuración de la instalación, como el número de picas, la sección de los conductores de unión de picas, la naturaleza de los conductores etc. se procede a verificar que la instalación cumple con las condiciones anteriormente expuesta, es decir, que la resistencia de tierra sea inferior a 80  $\Omega$ , con lo que quedara limitada la tensión de contacto.

Calcularemos el valor de la resistencia de puesta a tierra en el caso del defecto a tierra más desfavorable, es decir, cuando la corriente de defecto sea mayor. Ya que los contactos peligrosos se producen con la maquinaria de la nave, hemos de buscar la maquina con menor resistencia a tierra, que es la maquina con mayor corriente de defecto, que en este caso es el grupo de bombeo del sistema contra incendios del cuadro auxiliar 6. Por tanto habrá que calcular la resistencia del conductor de esa línea, que va desde el cuadro de distribución general, hasta esa máquina.

La resistencia del conductor se calcula mediante la siguiente expresión:

$$R = \frac{L}{\sigma \times S}$$

R Resistencia del conductor en  $\Omega$ .

L longitud del conductor en metros.  
 $\sigma$  conductividad del material conductor ( $m/\Omega mm^2$ ), en este caso la del cobre que es  $56 m/\Omega mm^2$ .  
S la sección del conductor en  $mm^2$ .  
La resistencia del conductor entre el cuadro de distribución general y el cuadro auxiliar 6, es de:

$$R_1 = \frac{L}{\sigma S} = \frac{35}{56 \times 95} = 0,00658 \Omega$$

La resistencia del conductor entre el cuadro auxiliar 6 y el grupo de bombeo del sistema contra incendios es de:

$$R_2 = \frac{L}{\sigma S} = \frac{10}{56 \times 185} = 0,00097 \Omega$$

La resistencia del conductor será la suma de ambas:

$$R_T = R_1 + R_2 = 0,00658 + 0,00097 = 0,00755 \Omega$$

La resistencia de la pica vertical se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$R_{pica} = \frac{\rho}{L}$$

$R_{pica}$  resistencia de la pica en  $\Omega$ .  
 $\rho$  resistencia del terreno en  $\Omega m$ , en nuestro caso  $200 \Omega m$ .  
L longitud de la pica en metros.  
Por lo tanto la resistencia de una pica será de:

$$R_{pica} = \frac{\rho}{L} = \frac{200}{2} = 100 \Omega$$

Las cuatro picas que forman la instalación de puesta a tierra se encuentran en paralelo entre ellas, por lo que la resistencia del conjunto será:

$$R_{total\_pica} = \frac{R_{pica}}{N^o\_picas} = \frac{100}{4} = 25 \Omega$$

La resistencia del conductor que une las 4 picas será:

$$R_{conductor} = 2x \frac{\rho}{L}$$

Donde:  
 $R_{conductor}$  resistencia del conductor en  $\Omega$ .  
 $\rho$  resistividad del terreno en  $\Omega m$  en nuestro caso  $200 \Omega m$ .  
L longitud del conductor en metros.  
Por tanto la resistencia del conductor será de:

$$R_{conductor} = 2x \frac{\rho}{L} = 2x \frac{200}{642} = 0,623 \Omega$$

La resistencia total del mallazo de puesta a tierra, será la que forman la resistencia de las picas y la resistencia del conductor que las une. El caso más

desfavorable, será si se considera que estas dos resistencias se encuentran en serie, por lo que la resistencia total de puesta a tierra será la suma de ambas:

$$R_{\text{mallazo}} = R_{\text{conductor}} + R_{\text{total\_pica}} = 25 + 0,623 = 25,623\Omega$$

La resistencia total de la puesta a tierra para la línea más desfavorable será la suma de la resistencia del conductor de dicha línea, más la resistencia del mallazo:

$$R_{\text{total}} = R_{\text{conductor}} + R_{\text{mallazo}} = 0,00755 + 25,623 = 25,631\Omega$$

Por tanto se puede decir que la puesta a tierra es adecuada para proteger eficientemente a las personas ya que la resistencia total de tierra es menor que los 80  $\Omega$  que se han calculado anteriormente como límite máximo.

## 2.6. Compensación del factor de potencia

### 2.6.1. Cálculo de la potencia reactiva a instalar

Se ha decidido mejorar el factor de potencia de la instalación hasta un valor de 0,97 para aprovechar las ventajas que conlleva tener un factor de potencia elevado. Teniendo los datos de potencia activa y factor de potencia de la nave se calcula la potencia reactiva a calcular.

Potencia activa= 541732 W

Intensidad= 1200,66 A

Cos  $\varphi$  = 0,84  $\rightarrow$   $\varphi$  = 32,86

$$Q_{\cos \varphi=0,84} = \sqrt{3} V x I x \sin \varphi = \sqrt{3} x 400 x 1200,66 x \sin 32,86 = 451345,97 \text{Var}$$

Se quiere mejorar hasta Cos  $\varphi$  = 0,97, por lo que la potencia reactiva que tiene que tener la batería de condensadores será:

$$Q_{\cos \varphi=0,97} = \sqrt{3} V x I x \sin \varphi = \sqrt{3} x 400 x 1200,66 x \sin 14,07 = 202226,66 \text{Var}$$

$$Q_{\text{bat.cond.}} = Q_{\cos \varphi=0,84} - Q_{\cos \varphi=0,97} = 451345,97 - 202226,66 = 249119,31 \text{Var}$$

### 2.6.2. Cálculo de la sección del conductor

Para hallar la intensidad que va a circular por el cable que alimenta la batería de condensadores, se aplica la siguiente formula:

$$Q = \sqrt{3} V x I x \sin \varphi$$

Donde:

$\sin \varphi$  = 1 (batería de condensadores)

Q = potencia reactiva de los condensadores

V = tensión nominal, (400 V)

Despejando obtenemos:

$$I = \frac{Q}{\sqrt{3} V x \sin \varphi} = \frac{249119,31}{\sqrt{3} x 400 x 1} = 359,57 \text{ A}$$

Con este valor vamos a la tabla correspondiente, en este caso es la tabla 19.2 de la ITC-BT 19 y para conductores unipolares bajo tubo indica una sección de 185 mm<sup>2</sup>.



### 2.6.3. Cálculo de la protección de la batería de condensadores

El cálculo del interruptor automático se basa en la intensidad consumida por la batería de condensadores. Este valor debe ser multiplicado por un coeficiente de seguridad especificado en la ITC-BT 48 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, donde establece que los aparatos de mando y protección deben soportar en régimen permanente de 1,5 a 1,8 veces la intensidad nominal; en este caso aplicamos un coeficiente de 1,6 obteniendo una intensidad de:

$$I = I_n \times 1,6 = 359,57 \times 1,6 = 575,31 A$$

La intensidad de cortocircuito será la de entrada al C.G.D.  $I_{CC} = 18416,38 A$ . por tanto el interruptor magnetotérmico queda definido:

- Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlín Gerin:

Características principales:

- ◆ Calibre: 630 A
- ◆ Poder de corte: 22kA
- ◆ Nº de polos: III+N
- ◆ Curva: C

## 2.7. Cálculo del centro de transformación

### 2.7.1. Datos del transformador

	DATOS DEL TRANSFORMADOR
Potencia del transformador (kVA)	1000
Pérdidas en el hierro (W)	1400
Pérdidas en el cobre (W)	10500
Pérdidas en el transformador (W)	11900
Porcentaje de tensión de cortocircuito (%)	6
Potencia de cortocircuito de la red (MVA)	500
Dieléctrico (aceite) (L)	530

### 2.7.2. Intensidad de alta tensión

La intensidad primaria  $I_p$  en un transformador trifásico es el valor que circulara por el devanado primario cuando el transformador funcione a su potencia nominal y viene determinada por la expresión:

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

$I_p$  intensidad nominal en el lado de alta tensión en A.

$U$  tensión nominal en el lado de alta tensión, en este caso 13,2 kV.

$S$  potencia del transformador, en este caso 1000 kVA.

$$I_p = \frac{S}{\sqrt{3} \times U} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 13,2} = 43,74 A$$

Este valor puede utilizarse para calcular los fusibles adecuados en el lado de media tensión.





### 2.7.3. Intensidad de baja tensión

En un sistema trifásico la intensidad secundaria  $I_s$  viene determinada por la expresión:

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

$I_s$  intensidad nominal del secundario en A.

S potencia del transformador, en este caso kVA.

U tensión compuesta en carga del secundario, en este caso 0,4kV.

$W_{fe}$  pérdidas en el hierro. (kW, dadas por el fabricante)

$W_{cu}$  pérdidas en el arrollamiento. (kW, dadas por el fabricante)

$$I_s = \frac{S - W_{fe} - W_{cu}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{1000 - 1,4 - 10,5}{\sqrt{3} \times 0,4} = 1426,2 A$$

### 2.7.4. Cortocircuitos

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito en el lado de alta tensión se utiliza como dato de partida el valor de la potencia de cortocircuito en el punto de la instalación, suministrado por la compañía eléctrica Iberdrola, que en este caso es de 500 MVA, y la tensión de servicio. Para calcular la intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión se utilizan como datos la potencia del transformado, su tensión de cortocircuito y su tensión secundaria.

#### 2.7.4.1. Intensidad de cortocircuito en el lado de alta tensión

La corriente de cortocircuito en el lado de alta tensión se puede calcular por medio de la siguiente expresión:

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U}$$

Donde:

$I_{ccp}$  intensidad de cortocircuito primaria en kA

U tensión primaria, kV.

$S_{cc}$  potencia de cortocircuito de la red, en este caso kVA.

$$I_{ccp} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{500000}{\sqrt{3} \times 13,2} = 21,86933 kA$$

#### 2.7.4.2. Intensidad de cortocircuito en el lado de baja tensión

Para obtener el valor de la intensidad de cortocircuito secundaria se debe saber cual será la tensión de cortocircuito, es decir, la tensión que es preciso aplicar al primario para que estando cerradas en cortocircuito las bornas del secundario, se alcance en dicho secundario su intensidad nominal. Según la tabla de características de los transformadores que aparece en la norma UNE 20138 esta tensión, la cual se expresa de forma porcentual será del 6%. La corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión se puede calcular por medio de la siguiente expresión:



$$I_{ccs} = \frac{S \times 100}{\sqrt{3} \times U_{cc} \times U_s}$$

Donde:

S potencia del transformador, en este caso kVA.

$U_{cc}$  tensión porcentual de cortocircuito del transformador, en este caso 6%.

$U_s$  tensión secundaria del transformador, en este caso 0,4kV.

$I_{ccs}$  intensidad de cortocircuito secundaria en A

$$I_{ccs} = \frac{S \times 100}{\sqrt{3} \times U_{cc} \times U_s} = \frac{1000 \times 100}{\sqrt{3} \times 6 \times 0,4} = 24056,26 A$$

## 2.7.5. Sección de los conductores del Centro de Transformación

### 2.7.5.1. Conexión celdas-transformador

La intensidad nominal que va a soportar el cable es de:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 13,2} = 43,74 A$$

Se ha decidido colocar conductores unipolares de cobre de 50 mm<sup>2</sup> de sección, que en condiciones de instalación soporta 188 A, y provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo así con los criterios de calentamiento y de caída de tensión. El aislamiento del conductor será de XLPE (Polietileno Reticulado).

### 2.7.5.2. Conexión del secundario del transformador al cuadro de BT

La intensidad que tiene que soportar los cables que unen el secundario del transformador con el cuadro de Baja Tensión del CT es:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \times V} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 0,4} = 1443,38 A$$

Se ha decidido poner 3 conductores por fase de 240 mm<sup>2</sup> de sección, que en condiciones normales soporta 552 A (3x552=1656 > 1443,38) y provoca una caída de tensión despreciable, cumpliendo así con los criterios de calentamiento y de caída de tensión. El aislamiento del conductor será de XLPE (Polietileno Reticulado).

## 2.7.6. Cálculo del alumbrado

### 2.7.6.1. Alumbrado del centro de transformación

Dimensiones del local:

a= 6,08 m

b= 2,38 m

h= 2,585 m

S= 14,47 m<sup>2</sup>

- Nivel de iluminación: E= 150 lux
- Tipo de iluminación: Directa.
- Tipo de lámpara: PHILIPS MASTER TL-D súper 80 36W/840 1SL
- Tipo de luminaria: PHILIPS IMPALA TMS 022 2xTL-D36W/840 con C3
- Flujo luminoso de la lámpara: 3350 lm
- Solución adoptada:
  - 2 PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL

- 1 PHILIPS IMPALA TBS 160 2xTL-D36W/840 con C3
- Potencia:  $2 \times 36 = 72W$

### 2.7.6.2. Alumbrado emergencia del centro de transformación

- Área del local:  $14,47 \text{ m}^2$
- Proporción:  $5 \text{ lúmenes/m}^2$
- Flujo necesario:  $72,35 \text{ lm}$
- Tipo de lámpara: marca LEGRAND
- Ref. C3 61510.
- Potencia de la lámpara:  $6 \text{ W}$ .
- Flujo luminoso de la lámpara:  $100 \text{ lm}$
- Lámparas necesarias:

$$N^{\circ}_{\text{lámparas}} = \frac{\phi_T}{\phi_L}$$

Resultado: 1 lámpara

- Solución: 1 luminaria
- Lúmenes proporcionados:  $100 \text{ lm}$
- Potencia:  $6 \text{ W}$

### 2.7.7. Cuadro de baja tensión del centro de transformación

Línea	Descripción	P (W)	Fc	Fs	Pc (W)	V (V)	cosφ	In (A)	Ic (A)
LT1	Alumbrado	72	1	1	72	230	0,9	0,35	0,35
LT2	Alumbrado emergencia	6	1	1	6	230	0,9	0,029	0,029
LT3	Tomas de corriente	3450	1	0,7	2415	230	0,9	16,67	11,67
Total		3528			2493	230	0,9	17,04	12,05

#### 2.7.7.1. Dimensionado de los conductores del centro de transformación

Línea	Ic (A)	Fc	Ic' (A)	Longitud (m)	canalización	Sección fase (mm <sup>2</sup> )	Sección neutro (mm <sup>2</sup> )	Sección c.p. (mm <sup>2</sup> )	ΔV (%)	ΔVT (%)	Diam. Tubo (mm)
LT1	0,35	0,8	0,44	6	Bajo tubo	1,5	1,5	1,5	0,03	0,13	12
LT2	0,029	0,8	0,036	7	Bajo tubo	1,5	1,5	1,5	0,01	0,1	12
LT3	11,67	0,8	14,59	7	Bajo tubo	2,5	2,5	2,5	0,07	0,16	12

### 2.7.8. Selección de las protecciones de alta y baja tensión

Los transformadores han de estar protegidos tanto en el lado de alta como en el de baja. En alta tensión la protección la efectúan las celdas asociadas a los transformadores, mientras que en baja tensión la protección se incorpora en los cuadros de las líneas de salida.

Alta Tensión:

La protección en AT del transformador se realiza utilizando un relé de protección asociado al transformador y mediante una celda de interruptor con fusibles, siendo estos los que efectúan la protección ante eventuales cortocircuitos.

Estos fusibles realizan su función de protección de forma ultrarrápida, (muy inferiores a los tiempos de corte de los diferenciales), ya que su función evita incluso el paso del máximo de las corrientes de cortocircuito por toda la



instalación.

No obstante, los fusibles no constituyen una protección suficiente contra las sobrecargas, que tendrían que ser evitadas por el relé de protección del transformador.

Los cortacircuitos fusibles son los limitadores de corriente, produciéndose su fusión, para una intensidad determinada, antes de que la corriente haya alcanzado su valor máximo. De todas formas, esta protección debe permitir el paso de la punta de corriente producida en la conexión del transformador en vacío, soportar la intensidad en servicio continuo y sobrecargas eventuales y cortar las intensidades de defecto en los bornes del secundario del transformador.

Como regla práctica, simple y comprobada, que tiene en cuenta la conexión en vacío del transformador y evita el envejecimiento del fusible, se puede verificar que la intensidad que hace fundir al fusible en 0,1 segundos es siempre superior o igual a 14 veces la intensidad nominal del transformador.

La intensidad nominal de los fusibles se escogerá por tanto en función de la potencia del transformador a proteger. En nuestro caso tenemos un transformador de 1000 kVA, por tanto la intensidad del fusible de media tensión será de 40 A.

### 2.7.9. Dimensionado de la ventilación del centro de transformación

La ventilación del centro de transformación va a ser natural, por circulación de aire. Para ello, se dispone de una rejilla de entrada de aire y otra de salida según lo especificado en MIE-RAT 014.

La superficie de entrada de aire que es necesaria, según la potencia de pérdidas del transformador, se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$S_e = \frac{0,18xP_vxP_{cc}}{\sqrt{h}}$$

Donde:

$S_e$  superficie de la rejilla de entrada de aire en  $m^2$ .

$P_v$  pérdidas en vacío del transformador en kW.

$P_{cc}$  pérdidas en cortocircuito del transformador en kW.

$h$  diferencia de alturas entre los centros de las rejillas de entrada y salida de aire.

El CT elegido al ser prefabricado, modelo PFU-5 de Ormazabal, conocemos la cantidad de rejillas destinadas a la ventilación y sus dimensiones.

En este caso, hay 4 rejillas de ventilación de entrada de aire, dos de (704x642) mm y otras dos de (1288x344) mm en las puertas y por encima de las mismas y 2 rejillas de ventilación de salida de aire de (1288x344) mm, colocadas en frente de cada puerta.

La superficie total de entrada de aire es:

$$S_e = (2x0,452) + (2x0,443) = 1,79m^2$$

La rejilla de ventilación de la salida de aire se encuentra a una altura de 2,12m. sabiendo que tenemos una superficie total de entrada de aire de 1,79  $m^2$ , podremos disipar como máximo:

$$P = \frac{S_e x \sqrt{h}}{0,18} = \frac{1,79x\sqrt{2,12}}{0,18} = 14,48kW > 11,9kW$$

Se puede concluir que la ventilación del centro de transformación elegido es más que suficiente para la potencia del transformador a instalar.

### 2.7.10. Dimensionado del pozo apagafuegos

Los transformadores llevaran su circuito magnético y bobinados sumergidos en un líquido aislante, que será aceite mineral, el cual cumple dos funciones:

Aislamiento entre partes con tensión y refrigeración. Cuando se utilizan aparatos o transformadores que contienen más de 50 litros de aceite mineral, se debe disponer de un foso de recogida de aceite de capacidad adecuada, con revestimiento estanco y dispositivos cortafuegos.

Bajo la zona destinada a la colocación del transformador se dispone el correspondiente foso de recogida de líquido dieléctrico para el caso de que se produjera un vaciamiento total. La losa sobre la que se asienta el transformador tiene la pendiente adecuada para la canalización del líquido dieléctrico hacia un colector, en el que se sitúa, sobre una rejilla metálica, un lecho de guijarros cuya función es la de evitar la de incendios. La capacidad unitaria del foso de recogida de líquido dieléctrico es suficiente para recoger la totalidad del contenido d líquido dieléctrico en caso de vaciamiento total y que es 565 litros.

### 2.7.11. Cálculo de la instalación de puesta a tierra

Datos de partida:

- Según la investigación previa del terreno donde se instalara este Centro de Transformación, se determina una resistencia media superficial de 200  $\Omega\text{m}$ .
- Tensión de red 13,2 kV.
- Intensidad de defecto máxima permitida de acuerdo con las normas dadas por la empresa suministradora de energía:  $I_d=400\text{ A}$ .

Características del centro de transformación:

- La caseta tiene 6664 mm de largo, 2500 mm de ancho y 3045 mm de alto.
- Resistividad del terreno  $\rho=200\text{ }\Omega\text{m}$ .
- Resistividad hormigón  $\rho_h=3000\text{ }\Omega\text{m}$ .

El neutro de la red de distribución en media tensión está conectado rígidamente a tierra. Por ello, la intensidad máxima de defecto dependerá de la resistencia de puesta a tierra de protección del centro, así como de las características de la red de media tensión.

Según los datos de red proporcionados por la compañía eléctrica suministradora (Iberdrola), el tiempo de eliminación del defecto es inferior a 0,45 segundos. Los valores de K y n para calcular la tensión máxima de contacto aplicada según MIE.RAT 13 en el tiempo de defecto, proporcionado por la compañía son:

$$V_{ca} = \frac{K}{t^n}$$

Dónde:

$V_{ca}$  tensión aplicada en V

K y n constantes en función del tiempo

T	K	n	$V_{ca}$
$0,9 \geq t > 0,1$	72	1	$K/t^n$
$3 \geq t > 0,9$	78,5	0,18	$K/t^n$
$5 \geq t > 3$			64V
$t > 5$			50V

En nuestro caso  $K=72$  y  $n=1$ .

Por otra parte los valores de la impedancia de puesta a tierra del neutro son



característicos de cada red, y los proporciona la compañía suministradora:

$$R_n = 0 \, \Omega \text{ y } X_n = 25,4 \, \Omega$$

La intensidad máxima de de defecto se producirá en el caso hipotético que la resistencia de puesta a tierra del centro de transformación sea nula. Dicha intensidad será por tanto igual a:

$$I_{d(\max)} = \frac{U}{\sqrt{3}X_n} = \frac{13200}{\sqrt{3} \times 25,4} = 300,04 \, A$$

### 2.7.11.1. Método empleado en la instalación de puesta a tierra

#### 2.7.11.1.1. Tierra de protección

Se conectaran a este sistema las partes metálicas de la instalación que no estén en tensión normalmente pero puedan estarlo a consecuencia de averías o causas fortuitas, tales como los chasis y los bastidores de los aparatos de maniobra, envolventes metálicas de las cabinas prefabricadas y carcasas de los transformadores.

Para los cálculos a realizar emplearemos las expresiones y procedimientos según el “Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puesta a tierra para centros de transformación de tercera categoría”, editado por UNESA, conforme a las características del centro de transformación objeto del presente cálculo, siendo, entre otras, las siguientes:

Para la tierra de protección optaremos por un sistema de las características que se indican a continuación:

- Identificación: Código 50-30/8/84 del método de cálculo de tierras de UNESA.
- Parámetros característicos:
  - $K_r = 0,062 \, \Omega/\Omega m$
  - $K_p = 0,0096 V/\Omega mA$
- Descripción:
 

Estará constituida por 8 picas en disposición rectangular unidas por un conductor horizontal de cobre de  $50 \, mm^2$  de sección.

Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 4 m. Se enterraran verticalmente a una profundidad de 0,8m, estas 8 picas formaran un rectángulo de dimensiones 7 x 3,5 m.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizara con cable de cobre aislado de 0,6/1kV protegido contra daños metálicos.

#### 2.7.11.1.2. Tierra de servicio

Se conectaran a este sistema el neutro del transformador, así como la tierra de los secundarios de los transformadores de tensión e intensidad de la celda de medida.

Las características de las picas serán las mismas que las indicadas para la tierra de protección. La configuración escogida se describe a continuación:

- Identificación: Código 5/62 del método de cálculo de UNESA.
- Parámetros característicos:
  - $K_r = 0,073 \, \Omega/\Omega m$
  - $K_p = 0,0012 V/\Omega mA$
- Descripción:
 

Estará constituida por 6 picas en hilera unidas por un conductor horizontal de cobre de  $50 \, mm^2$  de sección.



Las picas tendrán un diámetro de 14 mm y una longitud de 2 m. Se enterrarán verticalmente a una profundidad de 0,5 m, la separación entre cada pica y la siguiente será de 3 m. Con esta configuración, la longitud del conductor desde la primera pica hasta la última será de 15 m dimensión que tendrá que haber disponible en el terreno.

La conexión desde el centro hasta la primera pica se realizara con cable de cobre aislado de 0,6/1kV protegido contra daños metálicos (bajo tubo) con una protección contra daños metálicos mínima de 7.

El valor de la resistencia de puesta a tierra de este electrodo deberá ser inferior a 37  $\Omega$ . Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación de baja tensión protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 630 mA, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra una tensión superior a 24 V.

Existirá una separación mínima entre las picas de la puesta a tierra de protección y las picas de la puesta a tierra de servicio a fin de evitar la posible transferencia de tensiones elevadas a la red de baja tensión. Dicha separación se calculara posteriormente.

## 2.7.11.2. Cálculo de la resistencia del sistema de puesta a tierra

### 2.7.11.2.1. Tierra de protección

La compañía suministradora proporciona los datos de la puesta a tierra del neutro, cuyos valores son los siguientes:  $R_n = 0\Omega$ ,  $X_n = 25j\Omega$

Para el cálculo de la resistencia de la puesta a tierra de las masas del centro [ $R_t$ ] y la tensión de defecto [ $U_d$ ], utilizaremos las siguientes formulas.

- Resistencia del sistema de puesta a tierra  $R_t$ :

$$R_t = K_r \cdot x \cdot \rho$$

$$R_t = 0,062 \times 200 = 12,4\Omega$$

- Intensidad de defecto,  $I_d$ :

$$I_d = \frac{U}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(R_t + R_n)^2 + X_n^2}}$$

$$I_d = \frac{13200}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{(0 + 12,4)^2 + 25,4^2}} = 269,62 A$$

- Tensión de defecto  $U_d$ :

$$U_d = I_d \cdot R_t$$

$$U_d = 269,62 \times 12,4 = 3343,36V$$

El aislamiento de la instalación de baja tensión del centro de transformación deberá ser mayor o igual que la tensión máxima de defecto ( $U_d$ ), por lo que deberá ser como mínimo de 4000 voltios.

De esta manera se evitara que las sobretensiones que aparezcan al producirse un defecto en la parte de alta tensión deterioren los elementos de baja tensión del centro.

Comprobamos asimismo que la intensidad de defecto calculada es superior a 100 amperios lo que permitirá que pueda ser detectada por las protecciones





normales.

#### 2.7.11.2.2. Tierra de servicio

$$R_t = K_r \cdot x \rho$$

$$R_t = 0,073 \times 200 = 14,5 \Omega$$

Una vez conectada a la red de puesta a tierra de servicio al neutro de la red de baja tensión, el valor de esta resistencia de puesta a tierra general deberá ser inferior a 37  $\Omega$ .

Con este criterio se consigue que un defecto a tierra en una instalación interior protegida contra contactos indirectos por un interruptor diferencial de sensibilidad 650 mA, no ocasione en el electrodo de puesta a tierra de servicio una tensión superior a:

$$37 \times 0,65 = 24V$$

#### 2.7.11.3. Cálculo de las tensiones en el exterior de la instalación

Con el fin de evitar la aparición de tensiones de contacto en el exterior de la instalación, las puertas y rejillas de ventilación metálicas que dan al exterior no tendrán contacto eléctrico alguno con masas conductoras que, a causa de defectos o averías, sean susceptibles de quedar sometidas a tensión.

Con estas medidas de seguridad, no será necesario calcular las tensiones de contacto en el exterior, ya que éstas serán prácticamente nulas.

Por otra parte, la tensión de paso en el exterior vendrá determinada por las características del electrodo y de la resistencia del terreno, por la expresión:

$$V'_p = K_r \cdot x \rho x I_d$$

$$V'_p = 0,0096 \times 200 \times 269,62 = 517,67V$$

#### 2.7.11.4. Cálculo de las tensiones en el interior de la instalación

El piso del centro de transformación estará constituido por un mallazo electrosoldado con redondos de diámetro no inferior a 4 mm formando una retícula no superior a 0,30 x 0,30 m. Este mallazo se conectará como mínimo en dos puntos preferiblemente opuestos a la puesta a tierra de protección del centro. Con esta disposición se consigue que la persona que deba acceder a una parte que pueda quedar en tensión, de forma eventual, esté sobre una superficie equipotencial, con lo que desaparece el riesgo inherente a la tensión de contacto y de paso interior. Este mallazo se cubrirá con una capa de hormigón de 10cm de espesor como mínimo.

El edificio prefabricado de hormigón estará construido de tal manera que, una vez fabricado, su interior sea una superficie equipotencial. Todas las varillas metálicas embebidas en el hormigón que constituyan la armadura del sistema equipotencial estarán unidas entre sí mediante soldadura eléctrica.

Esta armadura equipotencial se conectará al sistema de tierras de protección (excepto las puertas y rejillas de ventilación, que como ya se ha indicado no tendrán contacto eléctrico con el sistema equipotencial; debiendo estar aisladas de la armadura de la armadura con una resistencia igual o superior a 10000 ohmios a los 28 días de fabricación de las paredes).

Así pues no será necesario el cálculo de las tensiones de paso y de contacto interior de la instalación, puesto que su valor será prácticamente nulo.

No obstante, y según el método de cálculo empleado, la existencia de una malla equipotencial conectada al electrodo de tierra implica que la tensión de paso



de acceso es equivalente al valor de la tensión de defecto, que se obtiene mediante la expresión:

$$U_p(\text{acceso}) = K_r \cdot x \cdot \rho \cdot I_d$$
$$U_p(\text{acceso}) = 0,0232 \times 200 \times 269,62 = 1251,04V$$

### 2.7.11.5. Tensiones aplicadas

Para la determinación de los valores máximos admisibles de la tensión de paso exterior, y en el acceso al centro, emplearemos las siguientes expresiones:

$$U_p(\text{exterior}) = 10x \frac{K}{t^n} x \left( 1 + \frac{6x\rho}{1000} \right)$$
$$U_p(\text{acceso}) = 10x \frac{K}{t^n} x \left( 1 + \frac{3x\rho + 3x\rho_h}{1000} \right)$$

Dónde:

$U_p$  tensión de paso en V.

$K = 72$ .

$n = 1$ .

$t$  duración de la falta en segundos: 0,45s.

$\rho$  resistividad del terreno.

$\rho_h$  resistividad del hormigón 3000  $\Omega m$ .

$$U_p(\text{exterior}) = 3520V$$

$$U_p(\text{acceso}) = 16960V$$

Así pues, comprobamos que los valores calculados son inferiores a los máximos admisibles:

- En el exterior:  $V_p = 517,67 V < U_p(\text{exterior}) = 3520 V$
- En el acceso al centro de transformación:  
 $U_p = 1251,04 V < U_p(\text{acceso}) = 16960 V$

### 2.7.11.6. Investigación de tensiones transferibles al exterior

Al no existir medios de transferencia de tensiones al exterior no se considera necesario un estudio previo para la reducción o eliminación.

No obstante con el objeto de garantizar que el sistema de puesta a tierra de servicio no alcance tensiones elevadas cuando se produce un defecto a tierra, existirá una distancia de separación mínima  $D_{\min}$ , entre los electrodos de los sistemas de puesta a tierra de protección y de servicio, determinada por la expresión:

$$D_{\min} = \frac{\rho x I_d}{2000 x \pi}$$
$$D_{\min} = \frac{200 \times 269,62}{2000 \times \pi} = 8,58m$$

### 2.7.11.7. Corrección y ajuste del diseño inicial estableciendo el definitivo

No se considera necesario la corrección del sistema proyectado. No obstante, si el valor medido de las tomas de tierra resultara elevado y pudiera dar lugar a tensiones de paso o contacto excesivas, se corregirán estas mediante la disposición de una alfombra aislante en el suelo del centro, o cualquier otro medio que asegure la no peligrosidad de estas tensiones.



**Fdo.: Eduardo Garcia Garcia**

**Pamplona, Febrero 2012**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y  
CENTRO DE TRASFORMACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL”

DOCUMENTO: 3. PLANOS

Alumno: Eduardo Garcia Garcia

Tutora: Amaia Pérez Ezkurdia

Pamplona, 23 de Febrero de 2012



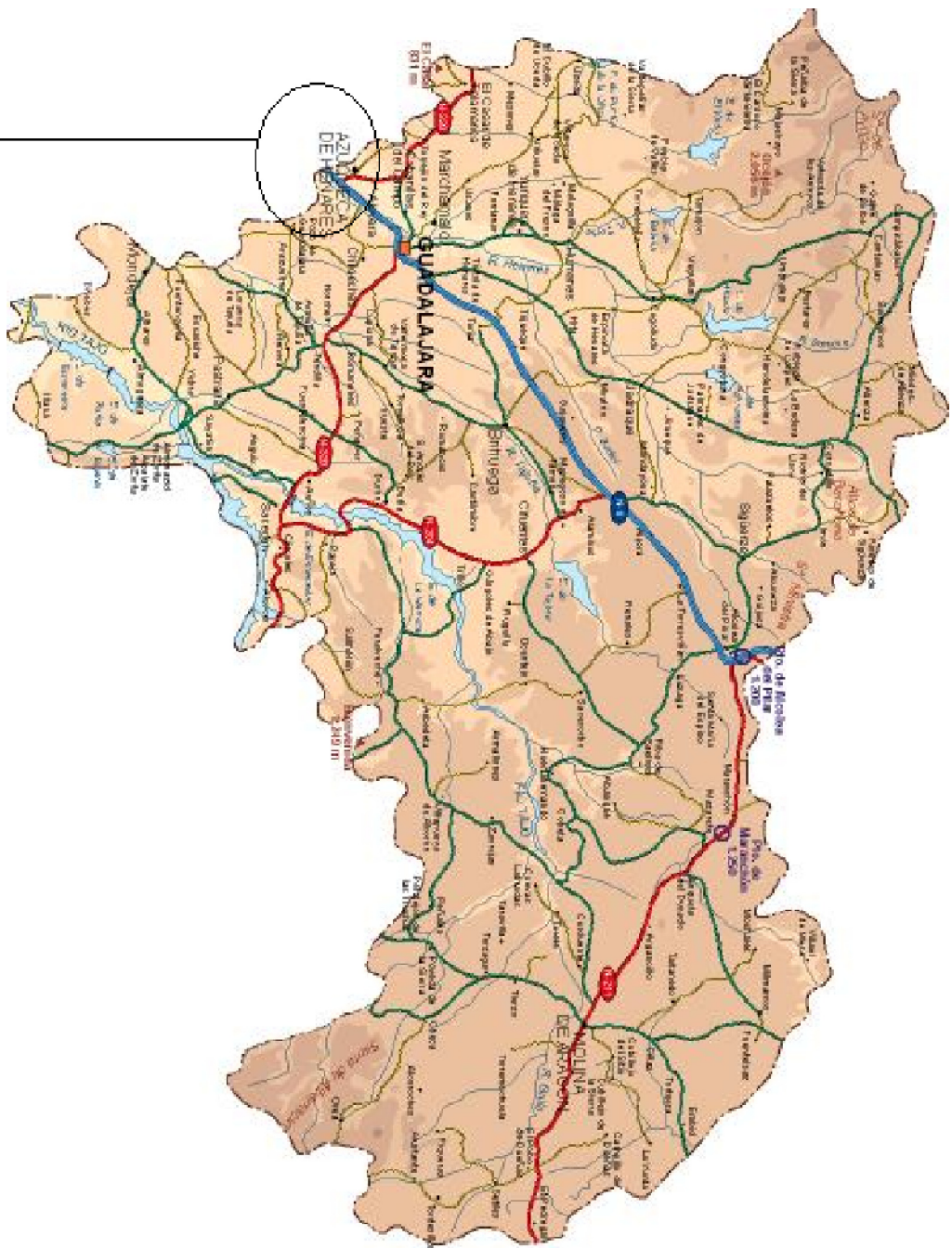
## **INDICE**

### **PLANOS**

### **PÁGINA**

1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	2
2. PLANTA	3
3. DISTRIBUCIÓN CUADROS, ALUMBRADO EXTERIOR Y CANALIZACIONES	4
4. ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO DE EMERGENCIA OFICINAS, MODULOS 1 Y 2 DE VESTUARIOS, ZONA DE MANTENIMIENTO Y GRUPO DE BOMBEO	5
5. ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO DE EMERGENCIA ALMACENES 1 Y 2 Y ZONA DE CARGA Y DESCARGA CAMIONES	6
6. TOMAS DE CORRIENTE Y PUESTA A TERRA DE LA NAVE Y DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	7
7. PLANTA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	8
8. ESQUEMA UNIFILAR CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	9
9. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO GENERAL	10
10. ESQUEMA UNIFILAR CARGADORES DE BATERÍAS Y ALUMBRADO EXTERIOR	11
11. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 1	12
12. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 2	13
13. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 3	14
14. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 4	15
15. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 5	16
16. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 6	17
17. ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 7	18

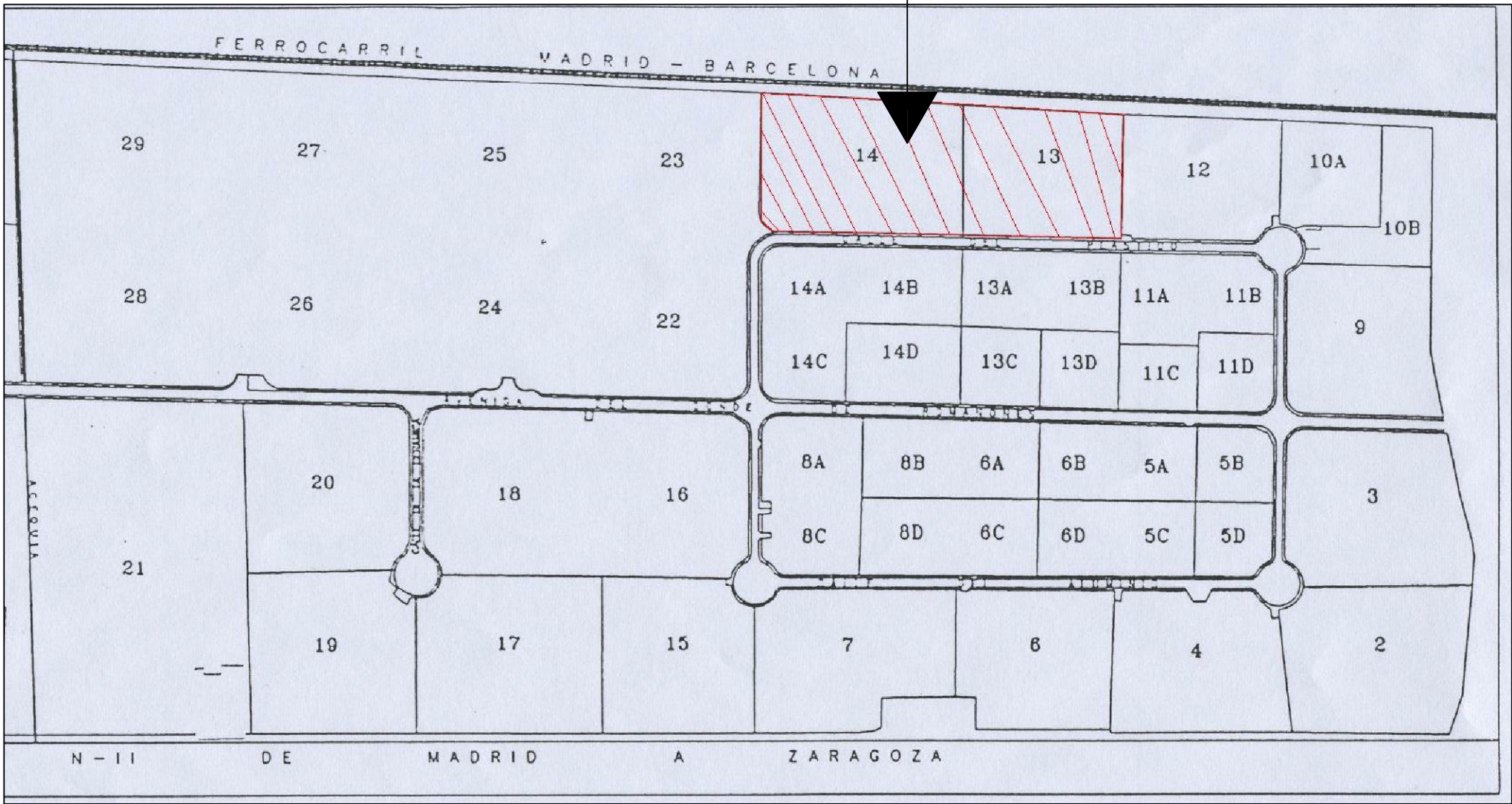




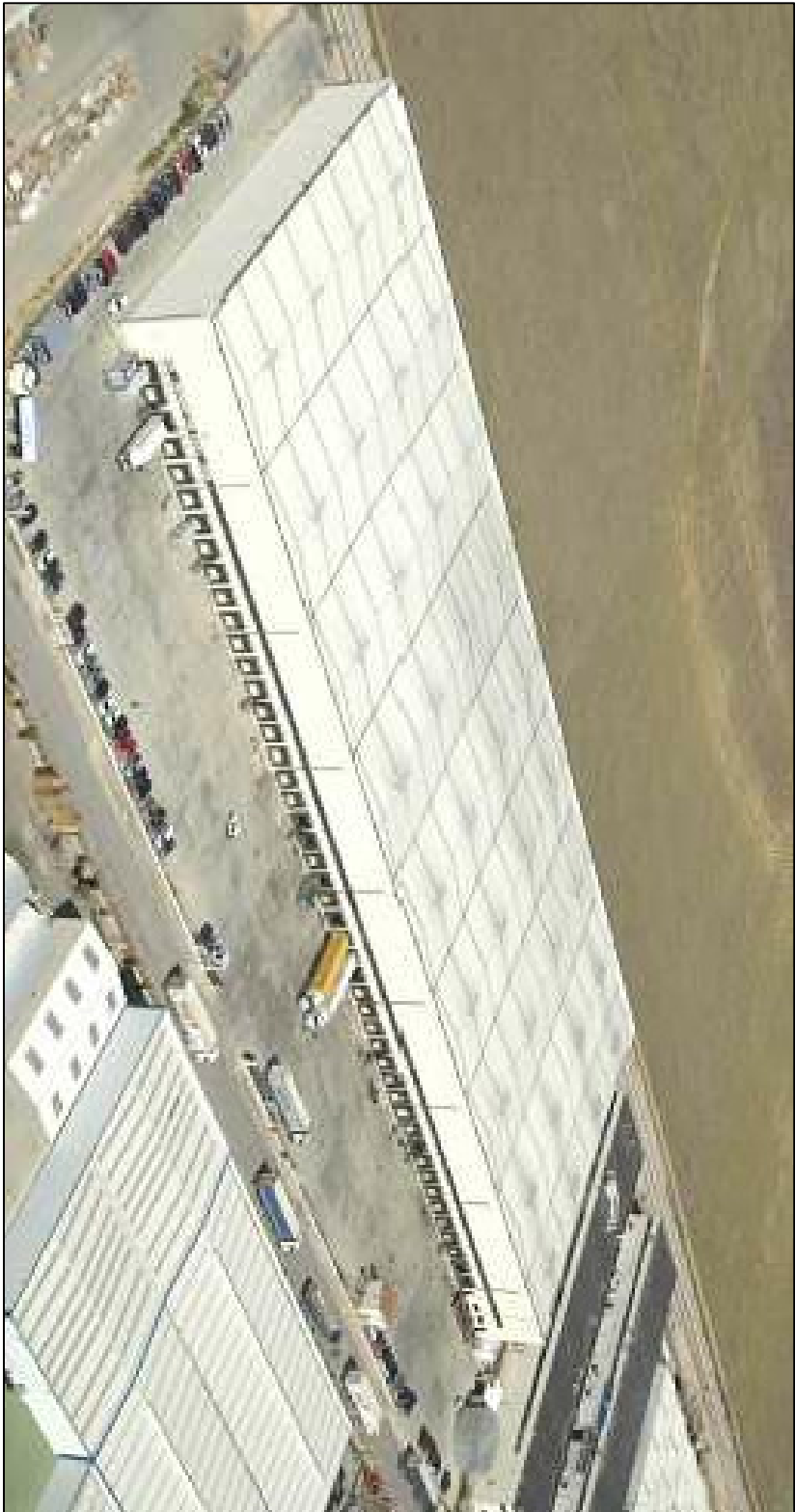
AZUQUECA DE HENARES


SITUACIÓN:  
AZUQUECA DE  
HENARES  
(GUADALAJARA)

EMPLAZAMIENTO DE LA  
NAVE INDUSTRIAL

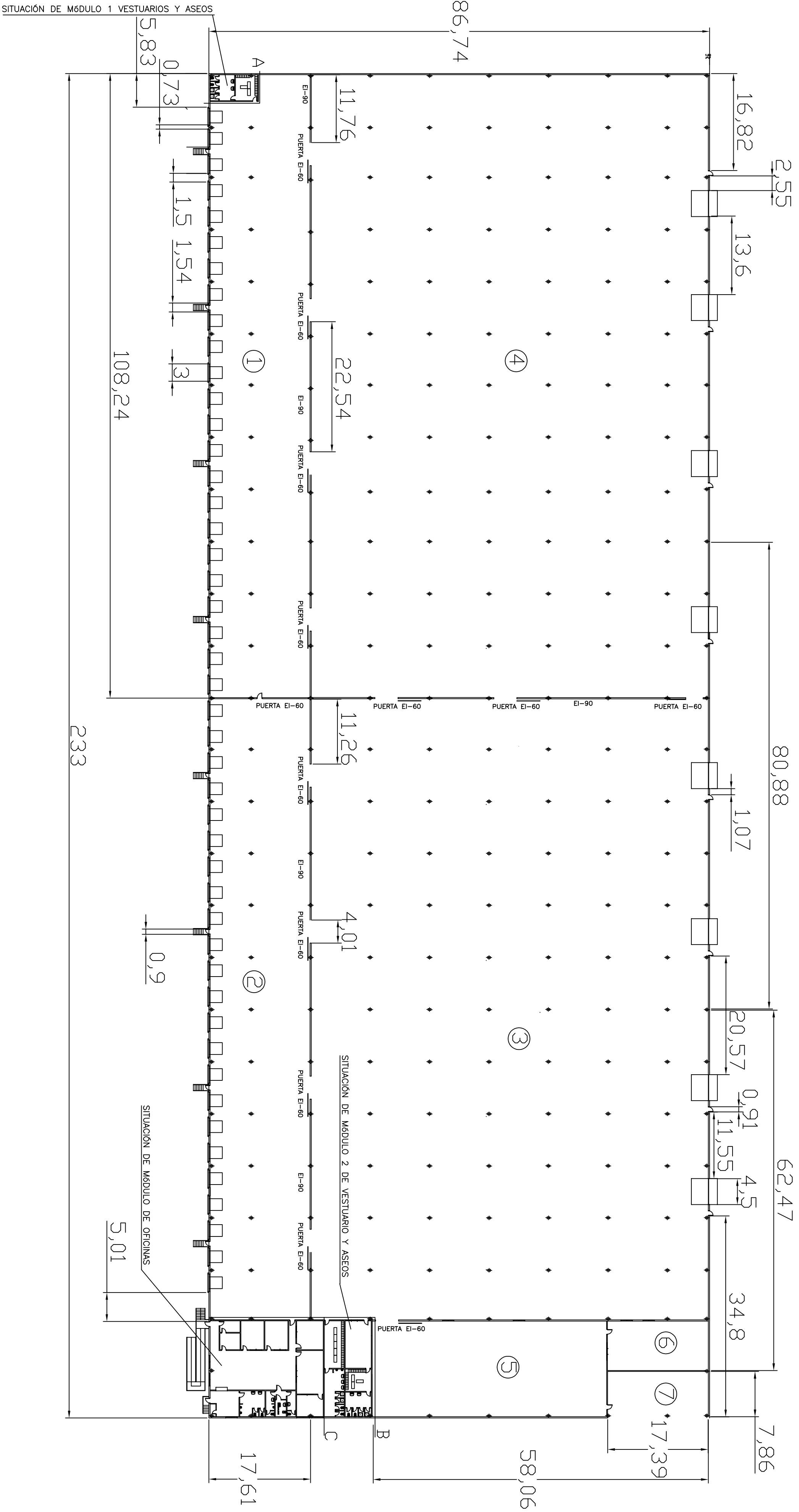


EMPLAZAMIENTO:  
POLÍGONO  
INDUSTRIAL  
MIRALCAMPO  
(CALLE DEL  
PLÁSTICO 13-14)



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO:  <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		
PROYECTO:  <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL</b>			REALIZADO:  <b>GARCIA GARCIA,EDUARDO</b>
PLANO:  <b>SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO</b>			FIRMA:  





- ① ZONA DE CARGA DE CAMIONES

② ZONA DE DESCARGA DE CAMIONES

③ ALMACÉN 1

④ ALMACÉN 2

⑤ MANTENIMIENTO

⑥ OFICINA DE MANTENIMIENTO

⑦ ZONA CARGADORES DE BATERÍAS

⑧ ZONA DE DESCANSO

⑨ VESTUARIO CHICAS

⑩ ZONA DE TAQUILLAS

⑪ ZONA DE DUCHAS

⑫ VESTUARIO CHICOS

⑬ ZONA DE TAQUILLAS

⑭ ZONA DE DUCHAS

⑮ MÓDULO DE VESTUARIOS 2

⑯ ZONA DE TAQUILLAS

⑰ ZONA DE DUCHAS
- ① ARCHIVO

② SALA DE REUNIONES

③ OFICINA 1

④ OFICINA 2

⑤ OFICINA 3

⑥ SECRETARÍA DIRECCIÓN

⑦ DIRECCIÓN

⑧ ALMACÉN

⑨ SALA DE ESPERA

⑩ ASEO MINUSVALIDOS

⑪ ASEO 1

⑫ ASEO 2

⑬ ASEO 3

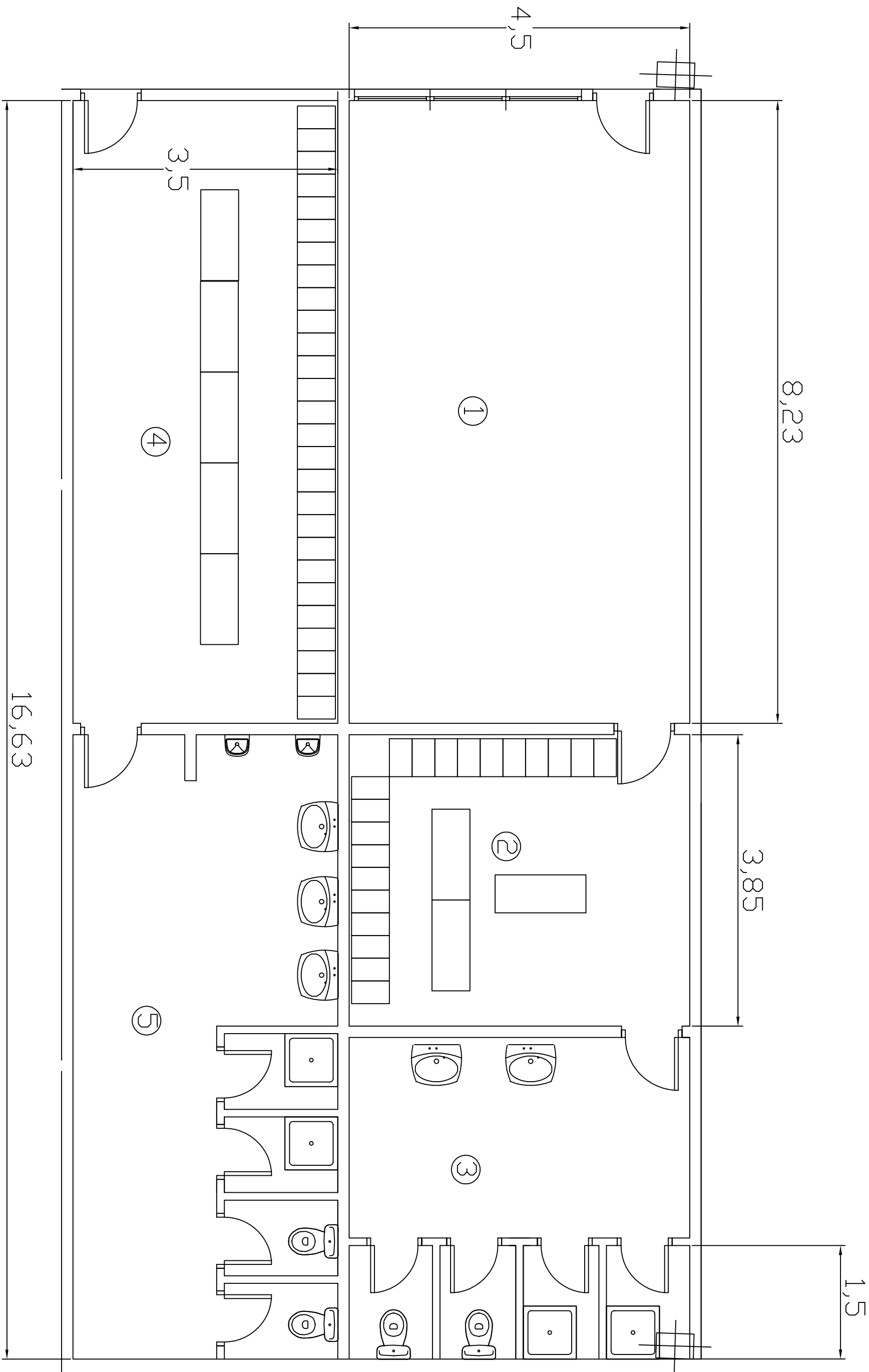
⑭ PASILLO 1

⑮ PASILLO 2

⑯ PASILLO 3

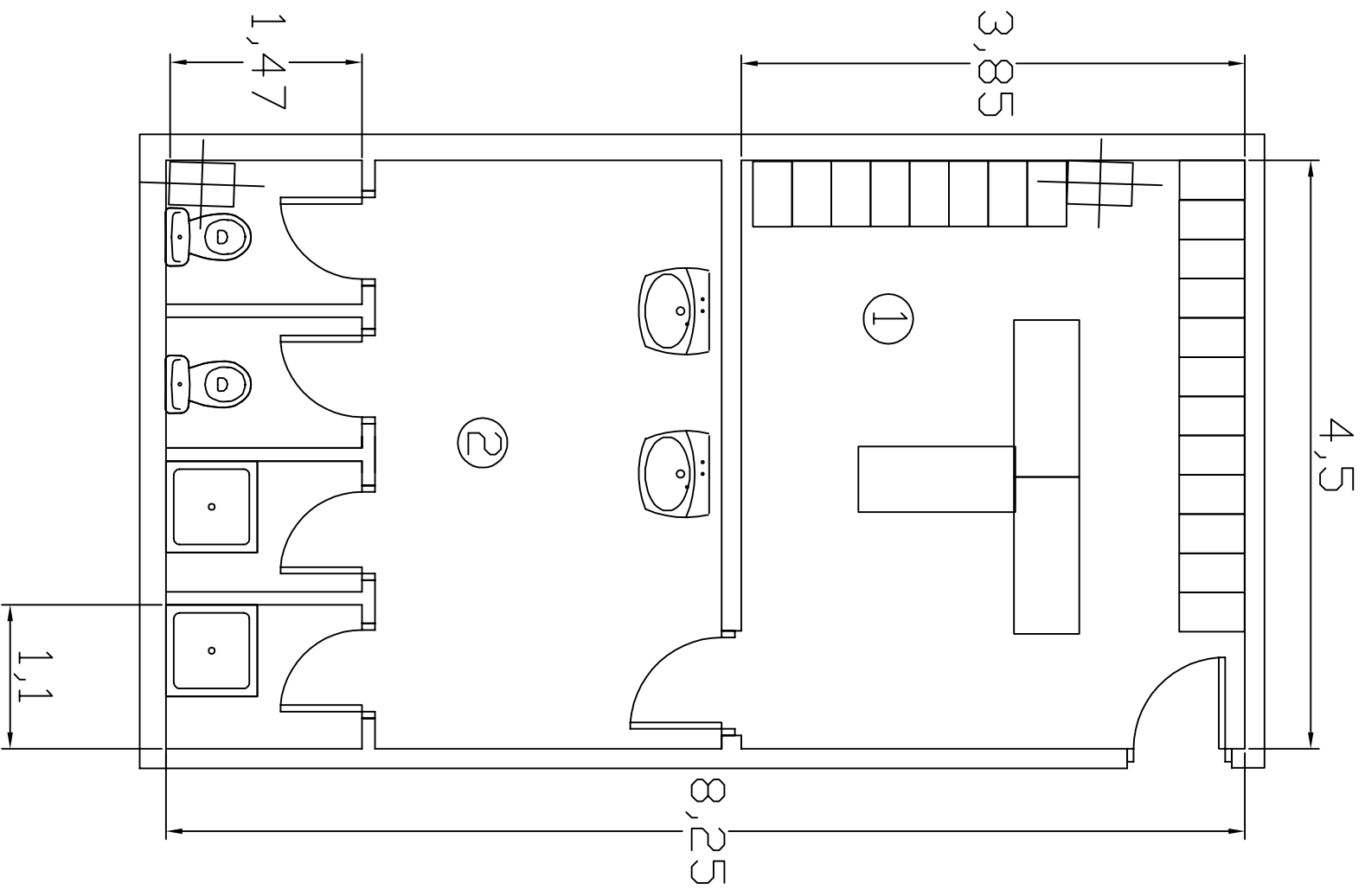
Nota: cotos en metros

DETALLE B  
MÓDULO DE VESTUARIOS 1



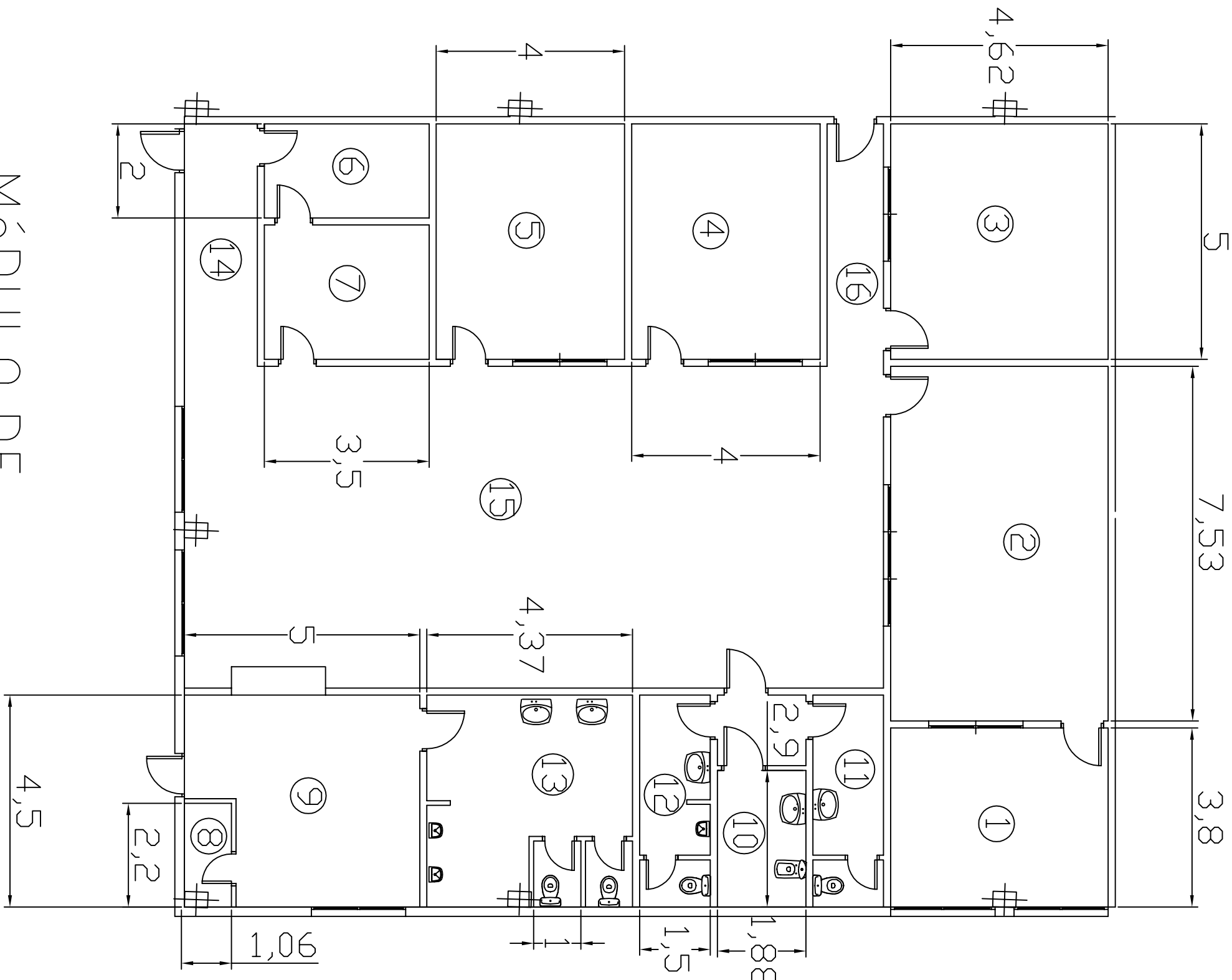
MÓDULO DE  
VESTUARIOS 1 Escala:  
1:50

DETALLE A  
MÓDULO DE VESTUARIOS 2



MÓDULO DE  
VESTUARIOS 2  
Escala: 1:50

DETALLE C  
MÓDULO DE OFICINAS



MÓDULO DE  
OFICINAS  
Escala: 1:100

## LEYENDA

## LÍNEA ALUMBRADO EXTERIOR SUBTERRANEA

## LÍNEA SUBTERRANEA DESDE CGD A CAG

TEMP03 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50

Colocación: sobre la fachada a 6 m de altura

**Colocación:** sobre la fachada a 6 m de altura

TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50

Colocación: sobre poste de aluminio a 6 m de altura

CUADRO AUXILIAR

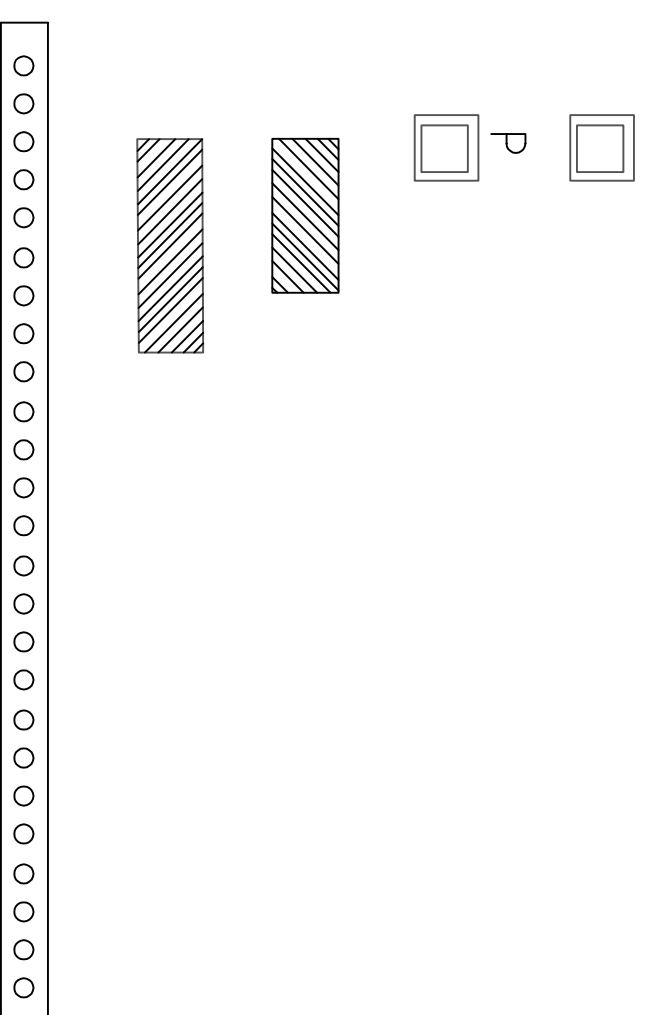
Colocación: sobre la pared a 1,5 m del suelo

CUADRO GENERAL

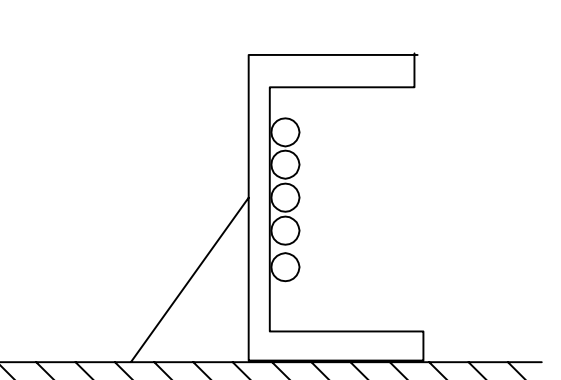
Colocación: sobre la pared a 1,5 m del suelo

BANDEJA PERFORADA PORTA CABLES

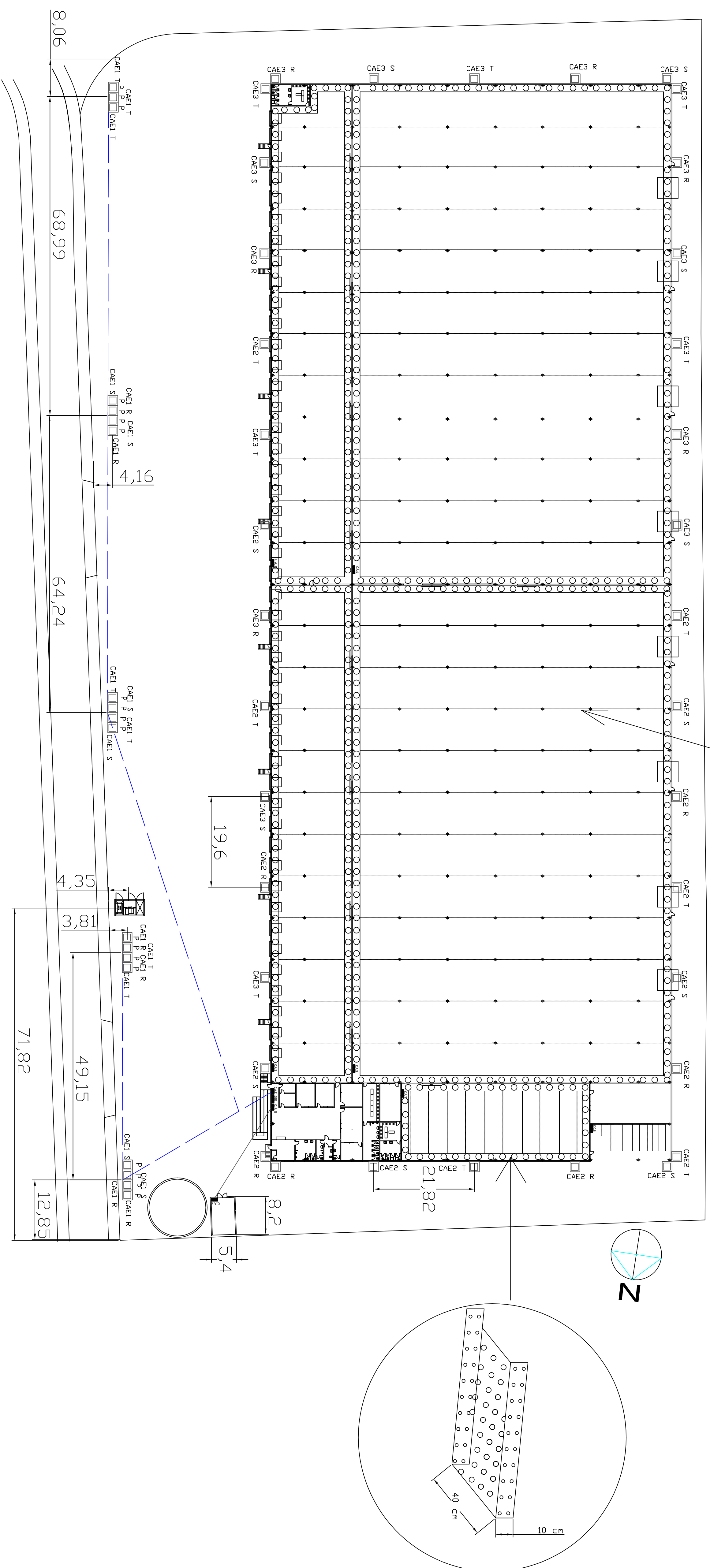
Nota: cotas en metros



Canalización de tubo de PVC rígido que parte desde la bandeja grapado a la pared y después por la estructura para alimentar las luminarias y las lámparas de emergencia colocadas en el techo



Detalle del soporte de la bandeja perforada fijado a pared cada 2 m.

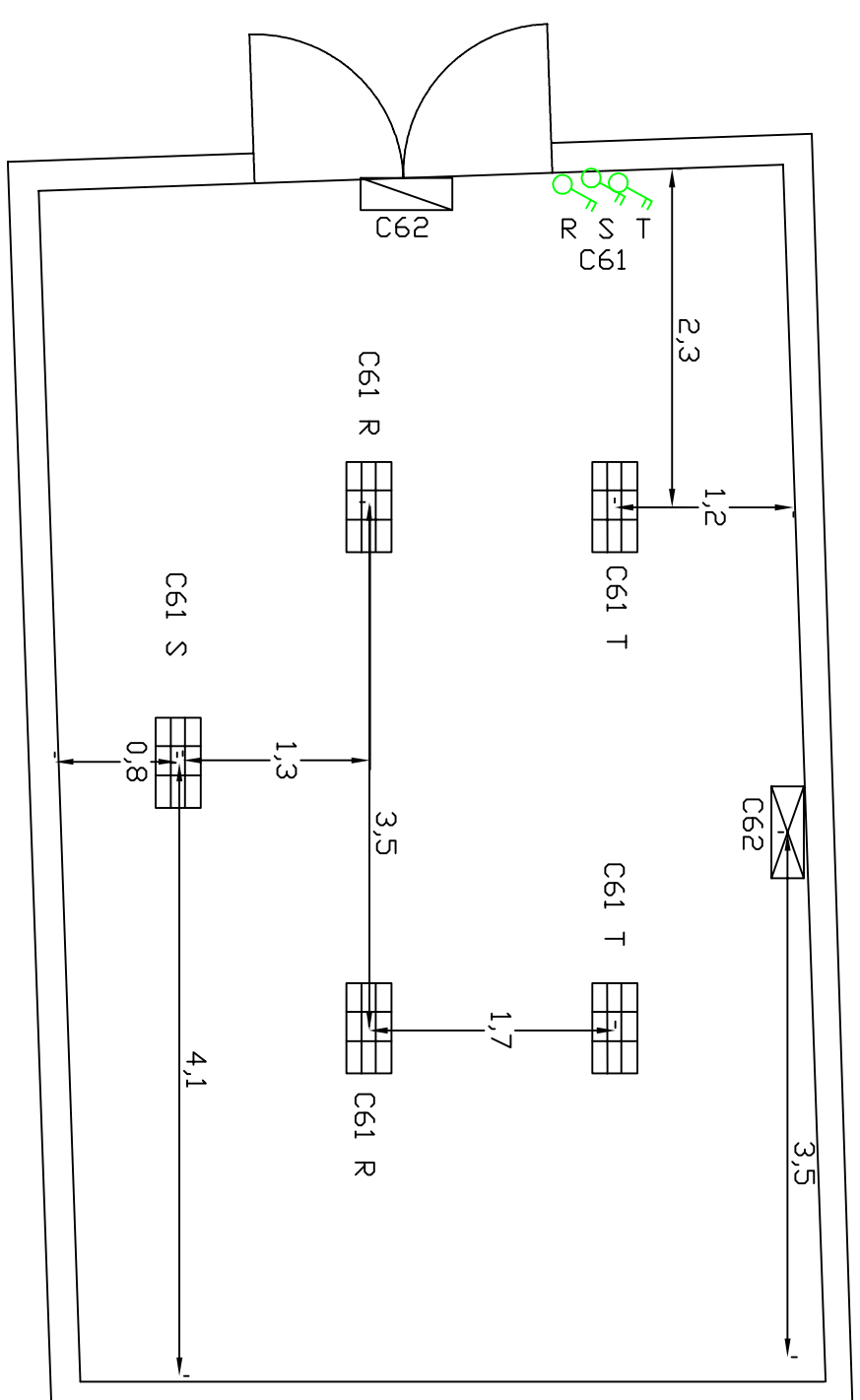


Detalle bandeja perforada de 400mm de ancho y 100mm de alto reforzada de chapa de acero galvanizado, Se colocará a 6,5m de altura.

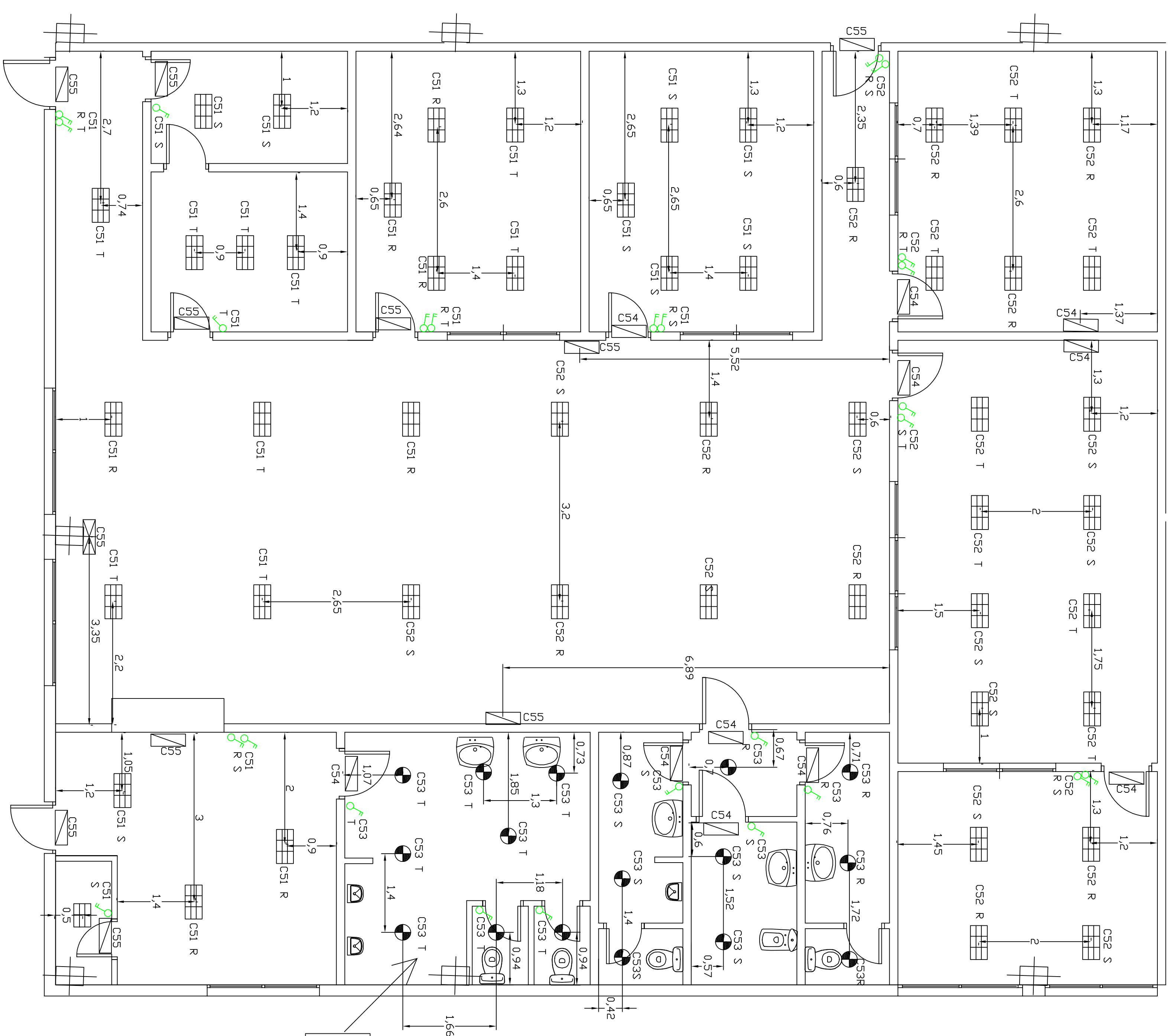
Note:

No se especifica la distribución de las canalizaciones en la oficina de mantenimiento así como en los módulos de vestuarios 1 y 2 y el módulo de oficinas ya que se realizarán con tubo de 25 y 32 mm empotrado en obra por lo que las trazas se realizarán por los lugares más adecuados respetando la normativa aplicable. El cable al cuadro auxiliar 6 irá subterráneo bajo tubo de 160 mm al igual que la línea 1 del alumbrado exterior.



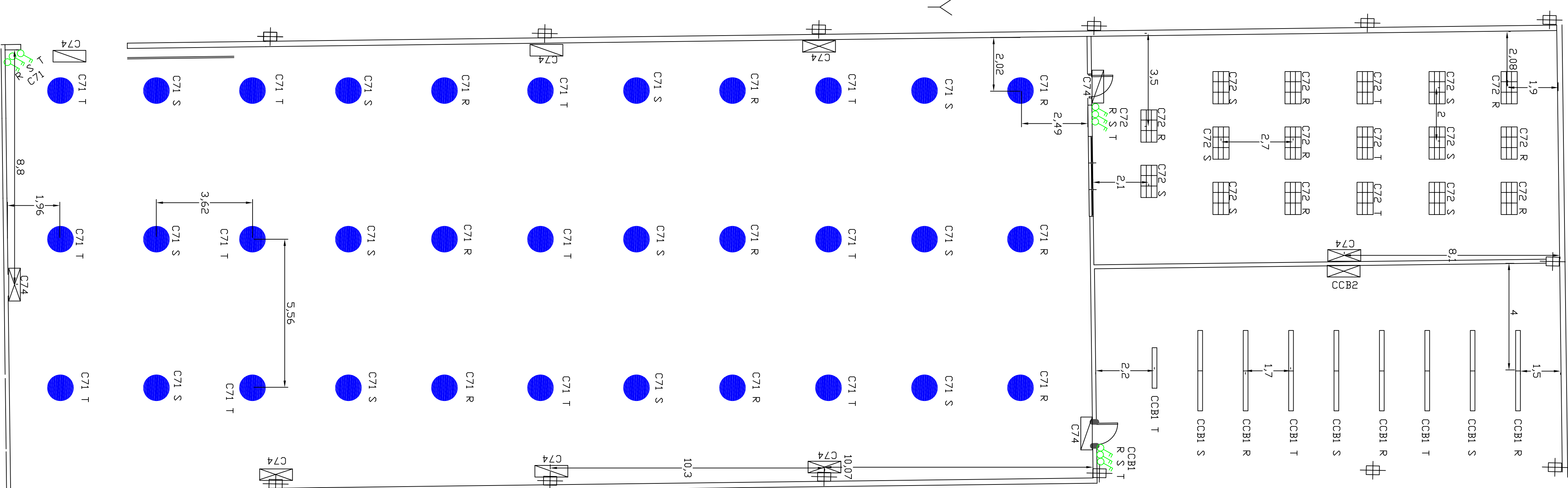


## GRUPO DE BOMBEO

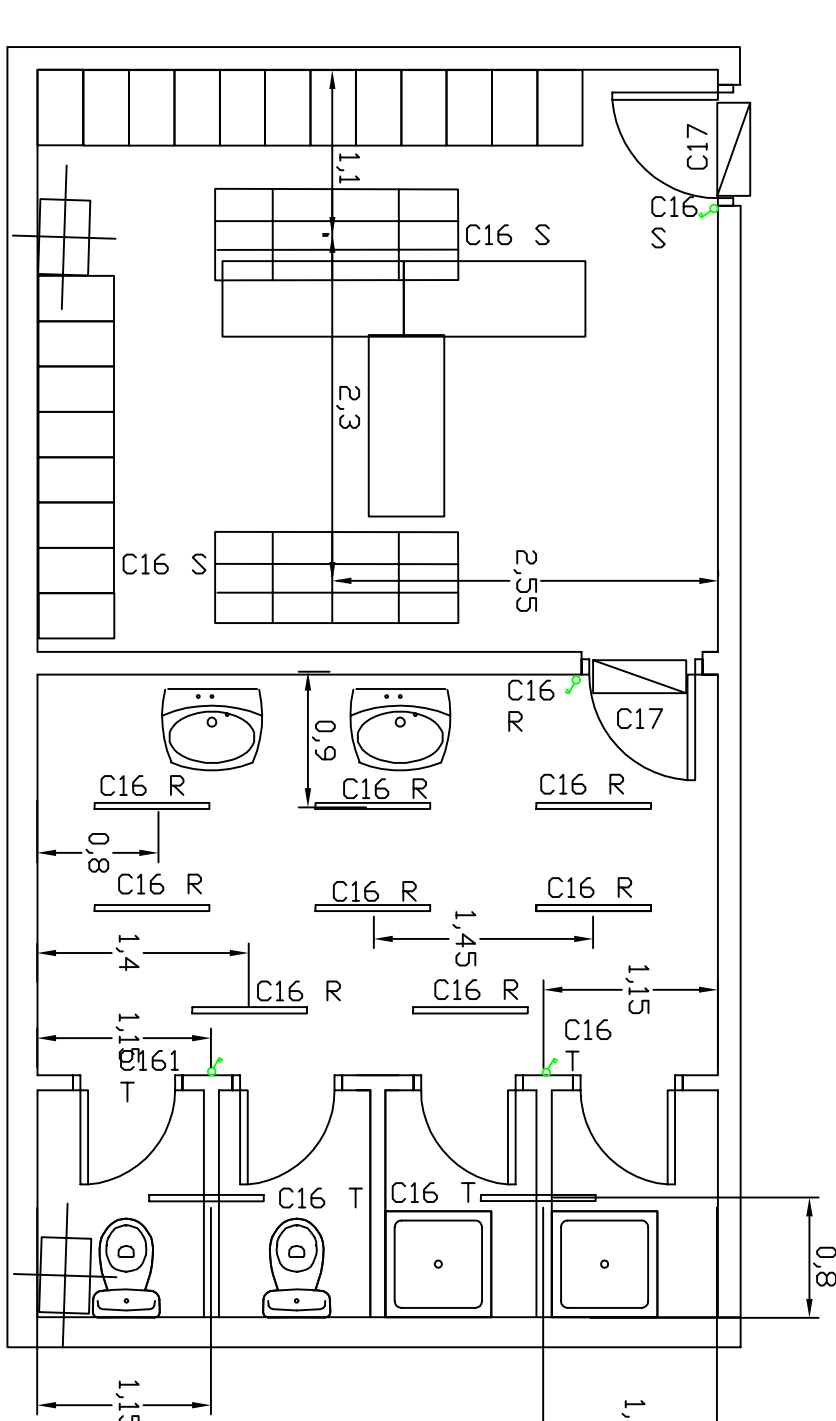


NOTA:  
C53 T = Cuadro auxiliar 5,

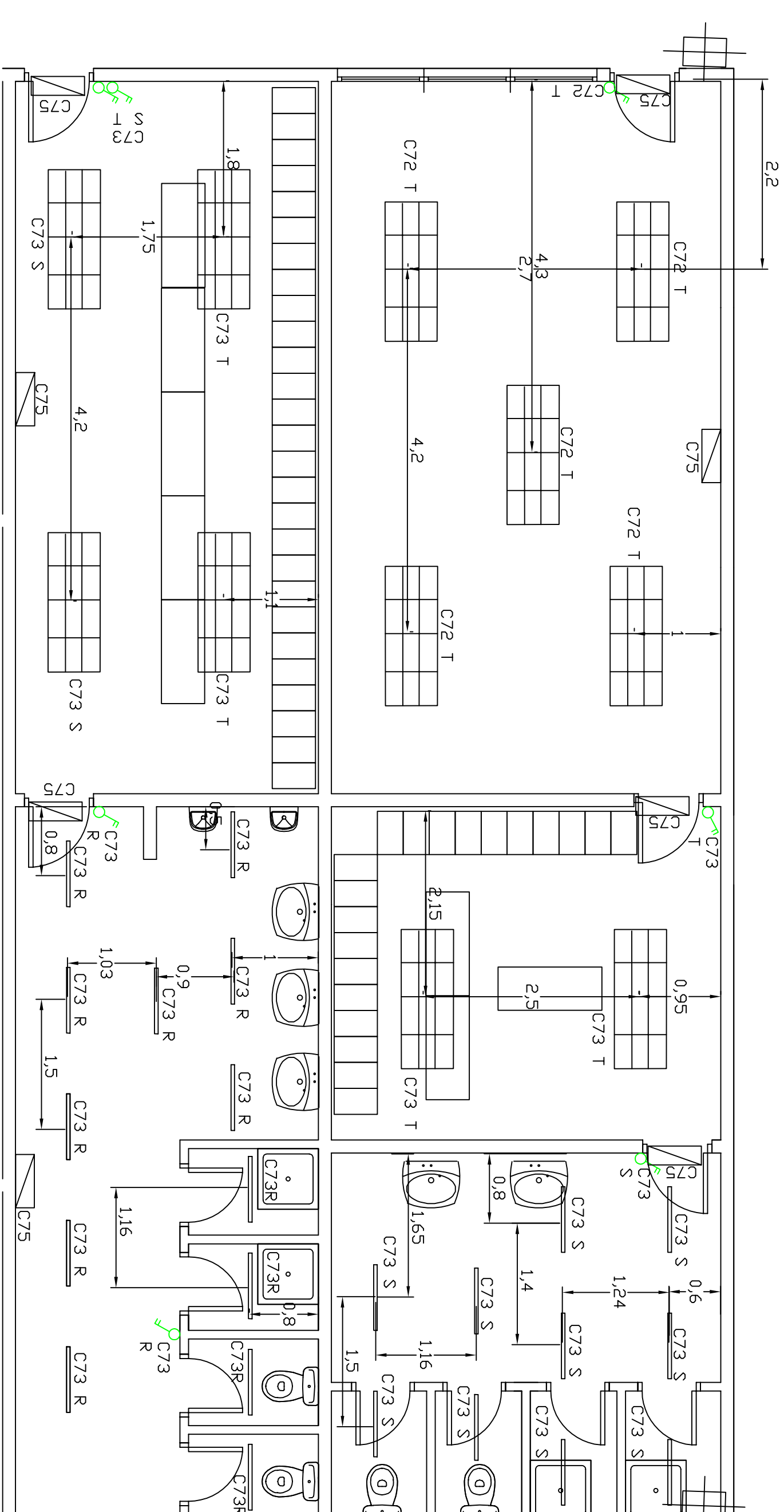
ZONA DE  
MANTENIMIENTO Y  
ZONA DE  
CARGADORES DE  
BATERÍAS  
Escala: 1:100




MÓDULO DE  
VESTUARIOS 2





MÓDULO DE  
VESTUARIOS 1





## LEYENDA


- 


**PHILIPS TCM 216 1x1,4D 180v** (saludo)  
 Colección: filial al trabajo 3,1 m del suelo
  - 


**PHILIPS SUPALIA T185 160 2x1,4D 180v** con C3  
 Colección: empotrada en falso techo a 1,10 m del suelo
  - 


**PHILIPS TCM 216 2x1,4D 180v C3** (PI) (saludo)  
 Colección: filial al trabajo a 5,7 m del suelo
  - 


**PHILIPS SUPALIA T185 160 2x1,4D 180v** con C3  
 Colección: empotrada en falso techo a 1,10 m del suelo
  - 


**PHILIPS SUPALIA T185 160 2x1,4D 180v** con C3  
 Colección: empotrada en falso techo a 3 m del suelo en modo de oficina  
 y grupo de trabajo 5 m en oficina de mantenimiento
  - 


**CARAMEL 14x15,5 1x1,4D 180v 1x1,4D 180v C3**  
 Colección: suspendido del techo a 11 m del suelo
  - 

**PHILIPS SUPALIA T185 160 2x1,4D 180v** con C3  
 Colección: empotrada en falso techo a 3 m del suelo
  - 

**PHILIPS SUPALIA T185 160 2x1,4D 180v** con C3  
 Colección: empotrada en falso techo a 3 m del suelo
  - 

**EUROPA 1 185 10x15,5 1x1,4D 180v** con C3 (saludo)  
 Colección: empotrada en falso techo a 3 m del suelo
  - 

**INTERLUZ 180**  
 Colección: Sobre la pared a 1 m del suelo
  - 

**LEGAND P43 C3 180D**  
 Colección: suspendido del techo a 3,5 m del suelo
  - 

**LEGAND R41 N1 41848**  
 Colección: Sobre la pared a 3,5 m del suelo

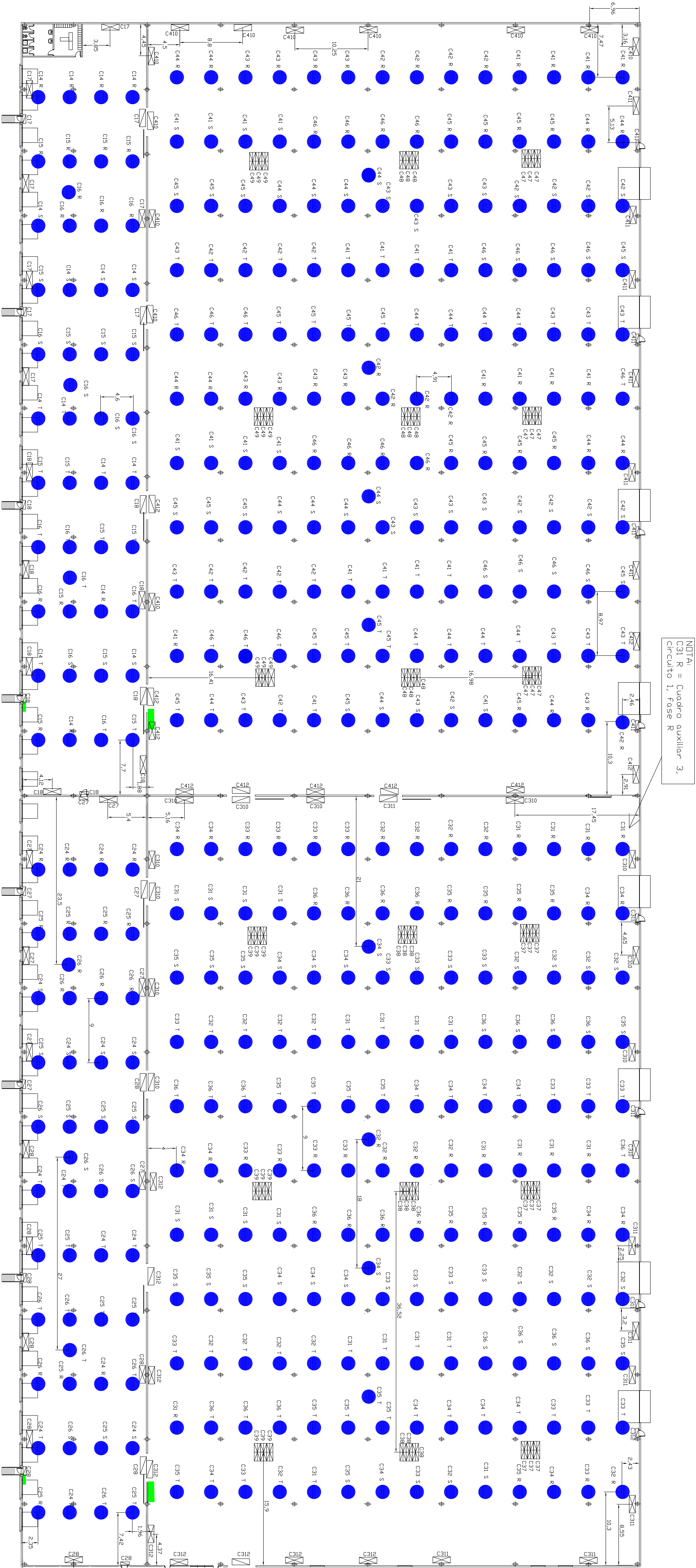
Nota: cotas en metros



LEYENDA

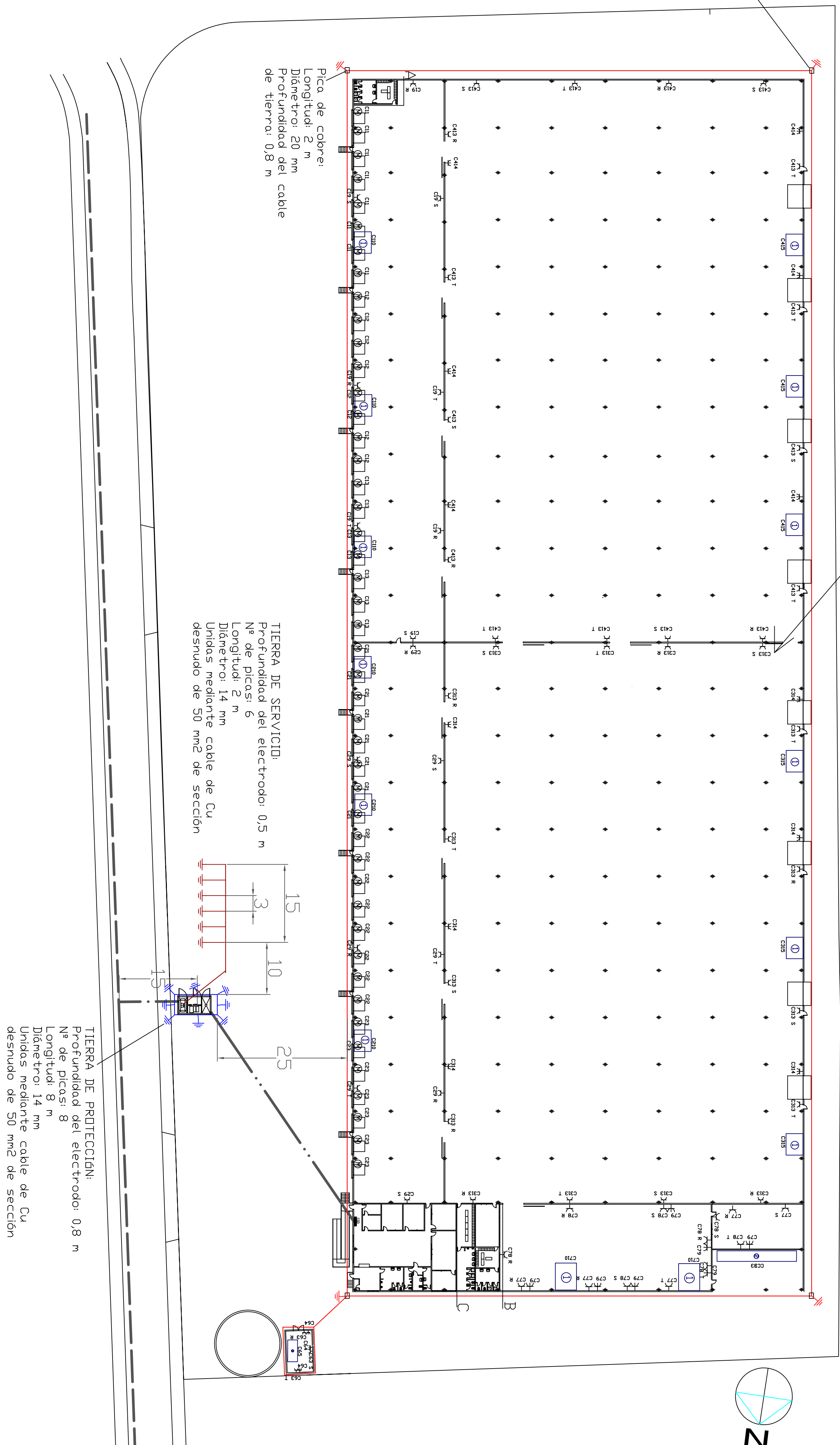
- CARMAN 100X150, 4x400 mm, ALU/TE, 2000 mm, C-200/150 R  
Colocador: suspendido del techo a 1 m del suelo
- CENTRALIZACION ENGENDIDO ALUMBRADO  
Colocador: a 1 m del suelo
- LEGRAND Ref: C3 61510  
Colocador: sobre la pared a 3,5 m del suelo
- LEGRAND Ref: NLH 61648  
Colocador: sobre la pared a 3,5 m del suelo
- LEGRAND Ref: NLH 61648  
Colocador: suspendido del techo a 9 m del suelo

Nota: cotas en metros





NOTA:  
C313 = Cuadro auxiliar 3,  
circuito 13, fase S



LEYENDA:

LINEA DE DISTRIBUCION PROPIEDAD EMPRESA SUMINISTRADORA

ACOMETIDA A CENTRO DE TRANSFORMACION

ACOMETIDA A CUADRO GENERAL

RED DE IERRA NAVE

RED DE HERRA DE PROIECCION

RED DE HERA DE SERVILIO

UNIVERSITY OF KENT

COMA DEL CODICE: 3001 E 3002

**RECOMMENDATION**

[illegible]

Colocación: sobre la pared a 0,3 m del suelo

TOMA DE CORRIENTE MONOFASICA DE 16 A

Colocación: sobre el suelo

## Extractores

Color: 000000

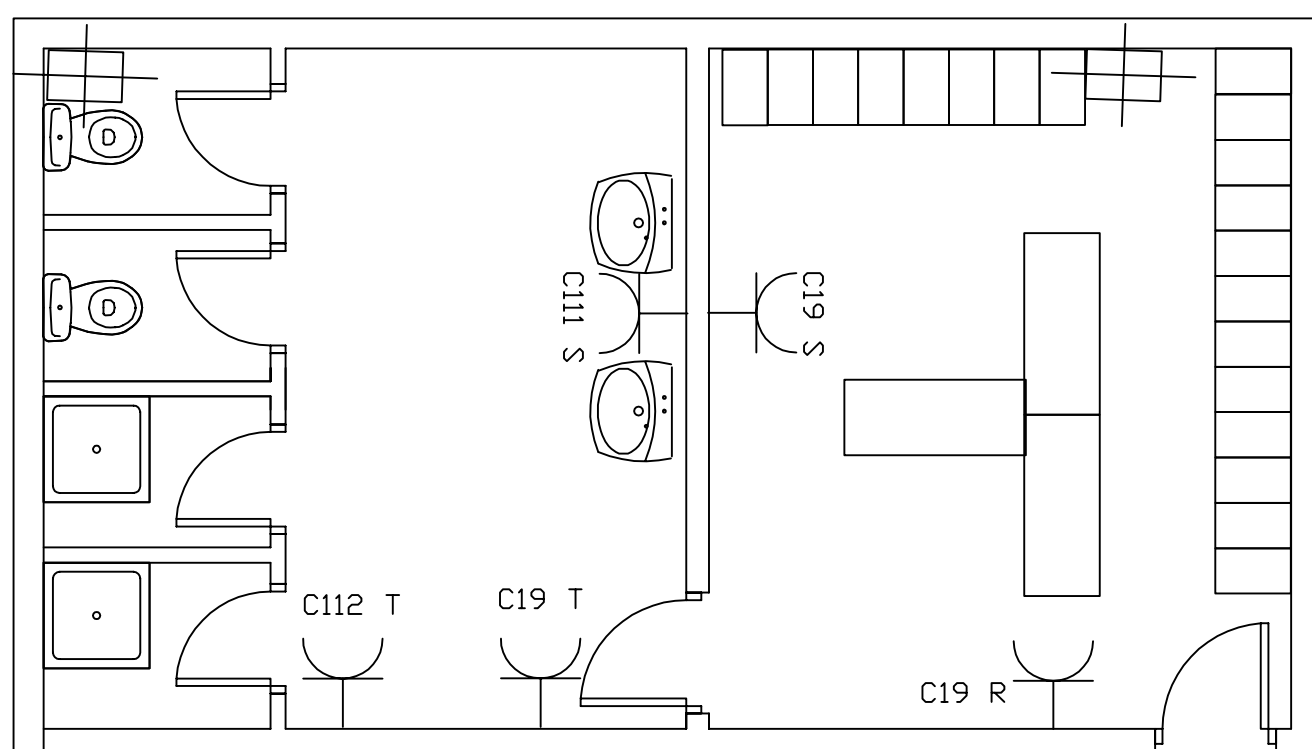
Calculus Variations

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----

$\frac{1}{\sqrt{2}}$

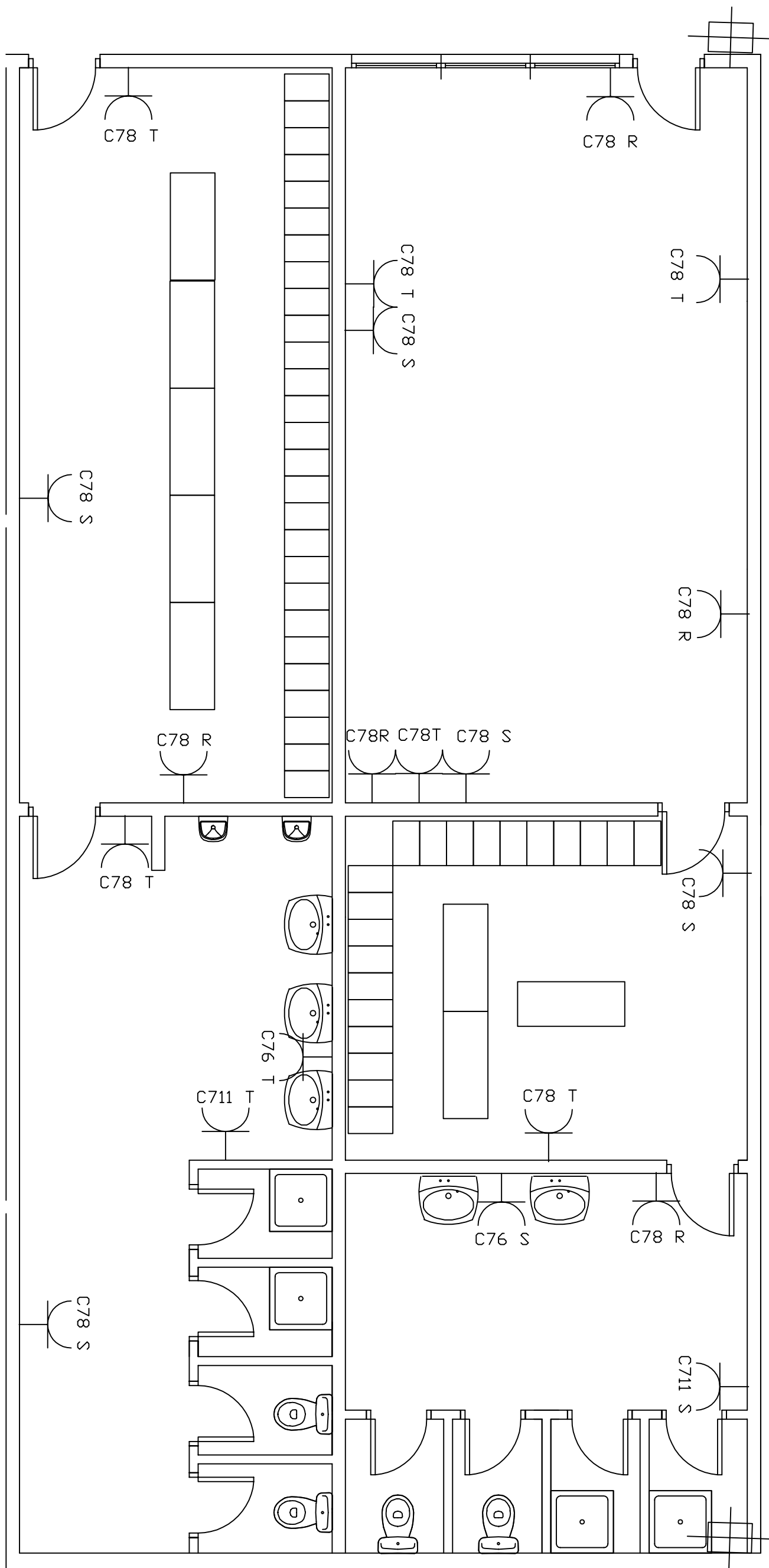
Nota: cotas en metros

DETALLE A  
MÓDULO DE VESTUARIOS 2

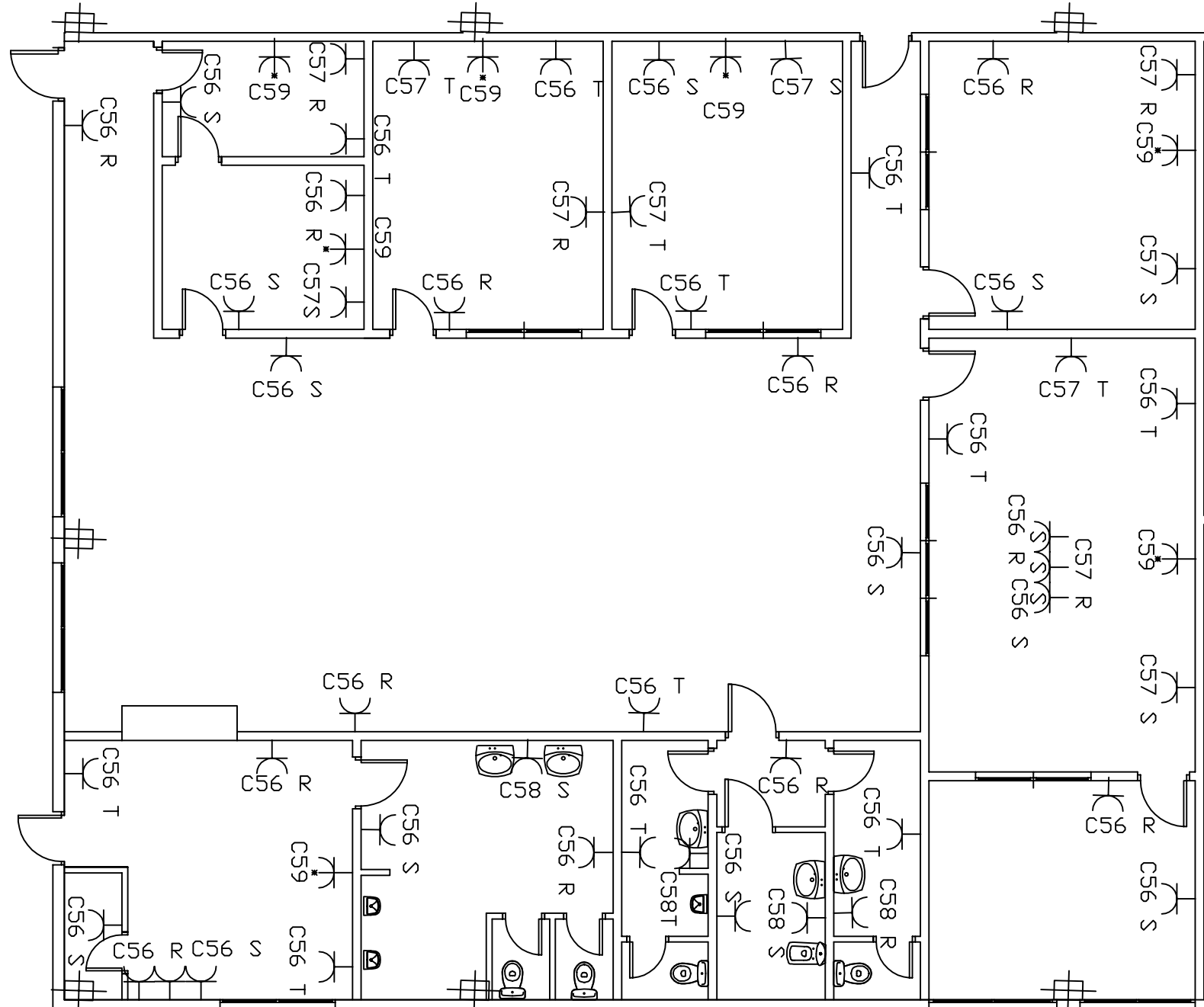


# DETALLE B

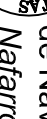
## MÓDULO DE VESTUARIOS 1

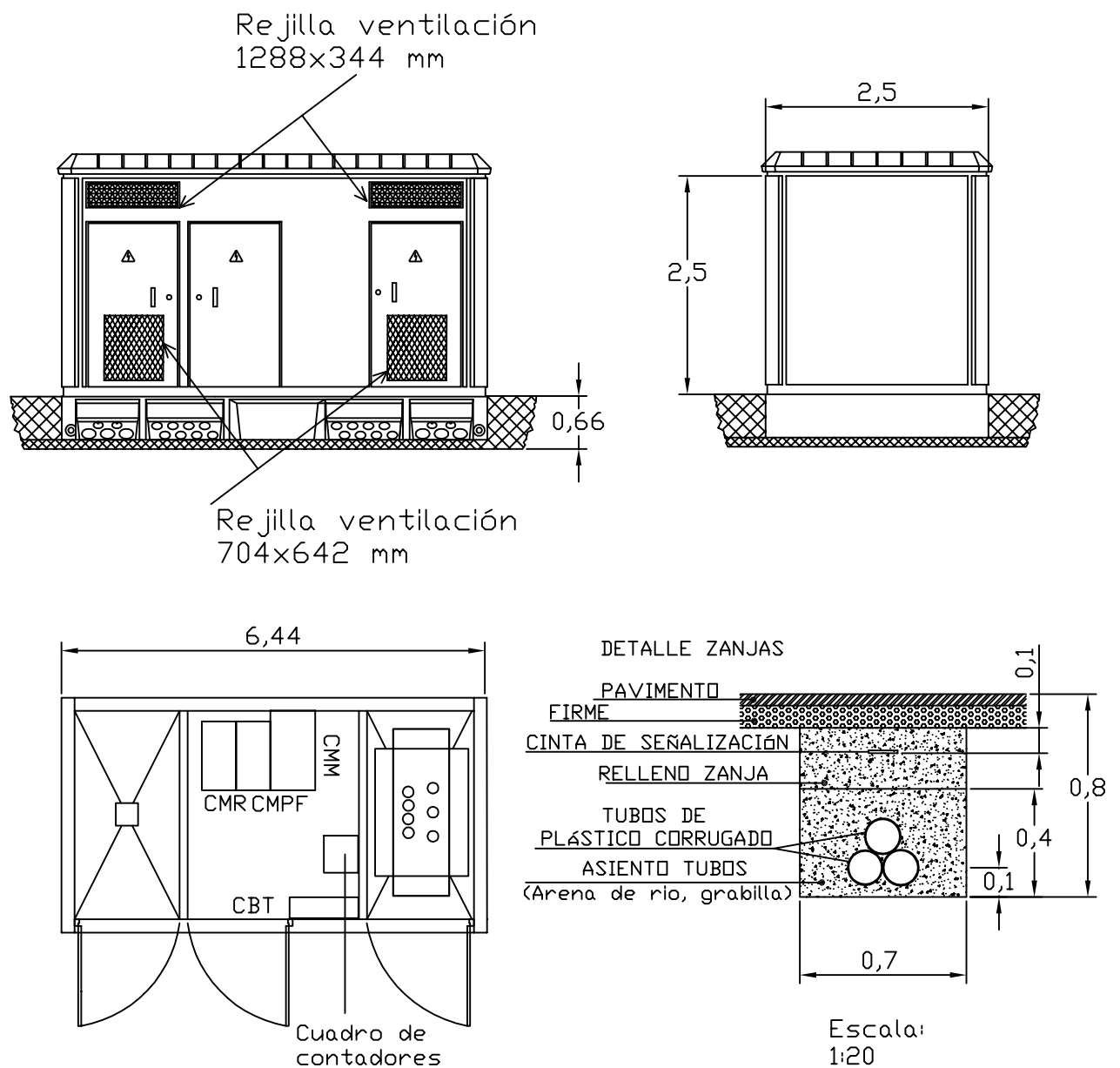


DETALLE C  
MÓDULO DE OFICINAS



MÓDULO DE OFICINAS  
Escala: 1:100

 Universidad Politécnica de Navarra Instituto Tecnológico de Investigación y Desarrollo Instituto Tecnológico de Investigación y Desarrollo Instituto Tecnológico de Investigación y Desarrollo	<b>E.S.I.I.T.</b> INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE
	TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE
PROYECTO: INSTALACION ELECTRICA EN BAAJA TENSION Y CENTRO DE TRANSFORMACION DE UNA NAVE INDUSTRIAL	GARCIA GARCIA,EDUARDO FERRARI	TECNICO INDUSTRIAL E.
PLANTAS DE COGENERACION Y PUESTA A TIERRA DE LA NAVE Y CENTRO DE TRANSFORMACION	TECNICO INDUSTRIAL E.	TECNICO INDUSTRIAL E.



Nota: cotas en metros



Universidad Pública  
de Navarra  
Nafarroako  
Unibertsitate Publikoa

**E.T.S.I.I.T.**

**INGENIERO  
TECNICO INDUSTRIAL E.**

DEPARTAMENTO:

**DEPARTAMENTO DE  
PROYECTOS E ING. RURAL**

PROYECTO:

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y  
CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL**

REALIZADO:

**GARCIA GARCIA, EDUARDO**

FIRMA:

PLANO:

**PLANTA CENTRO DE TRANSFORMACIÓN**

FECHA:  
**2/2012**

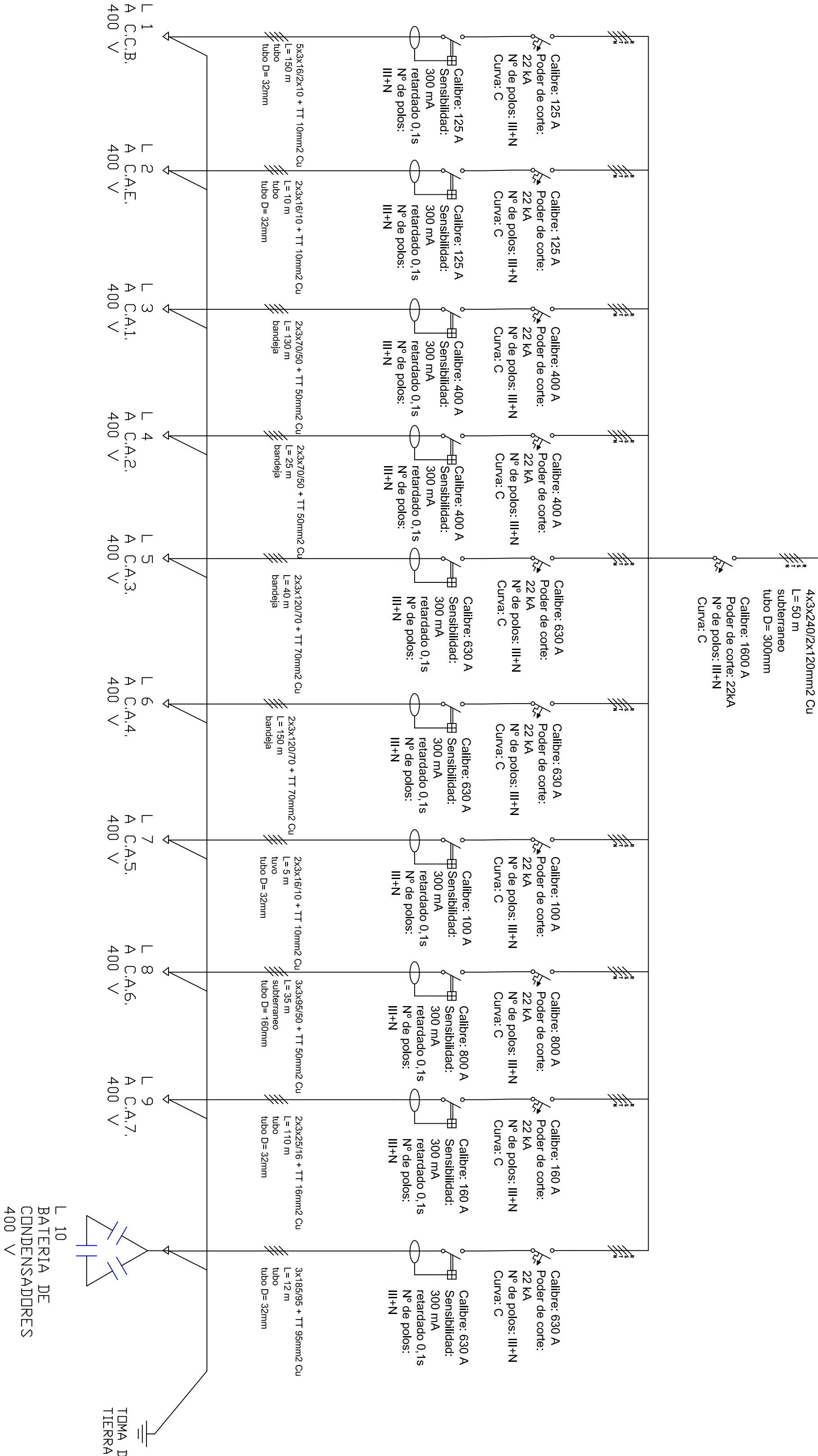
ESCALA:  
**1:100**

Nº PLANO:  
**7**

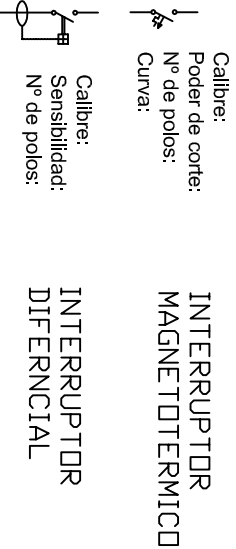





DESDE CENTRO DE TRANSFORMACION

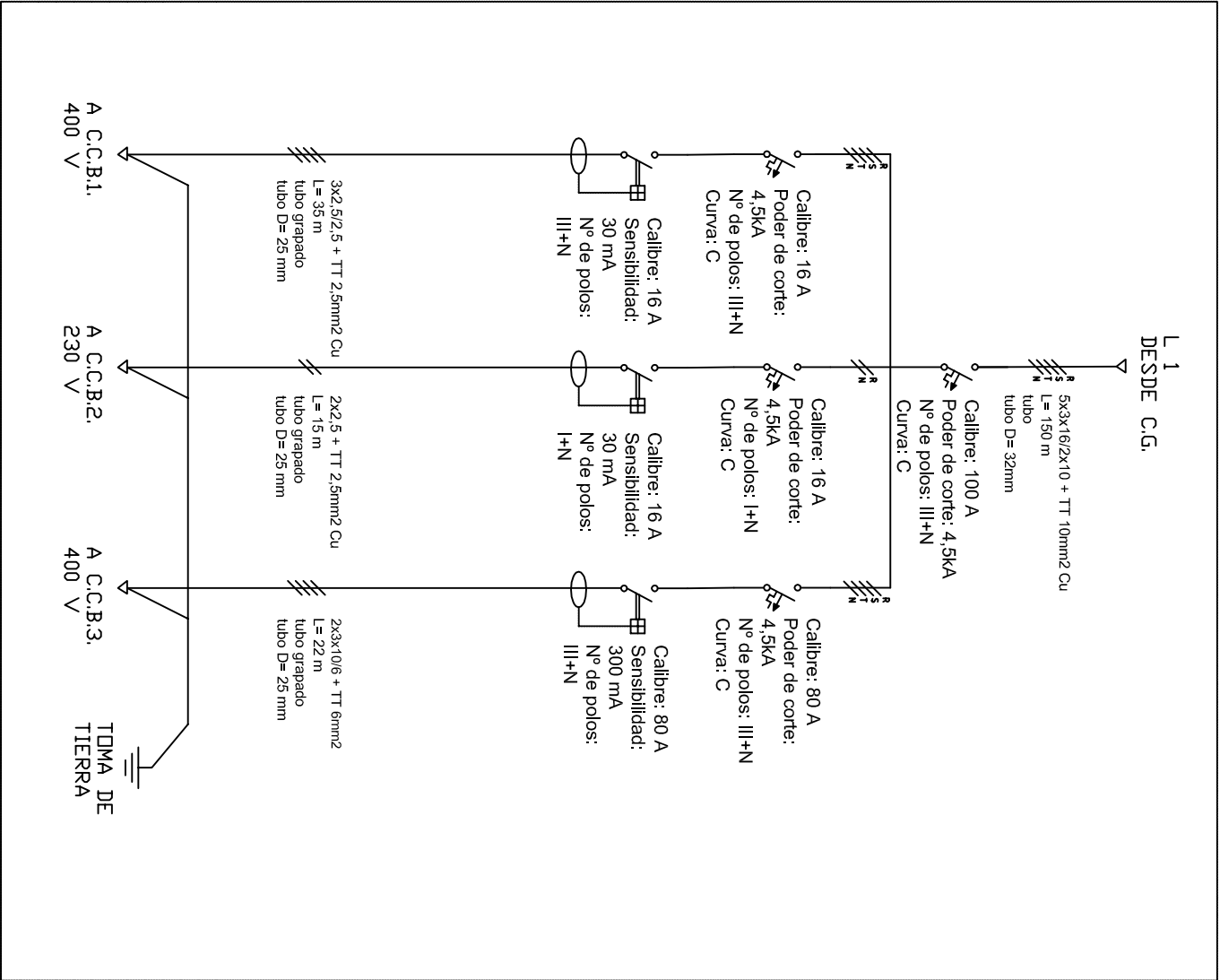


LEYENDA

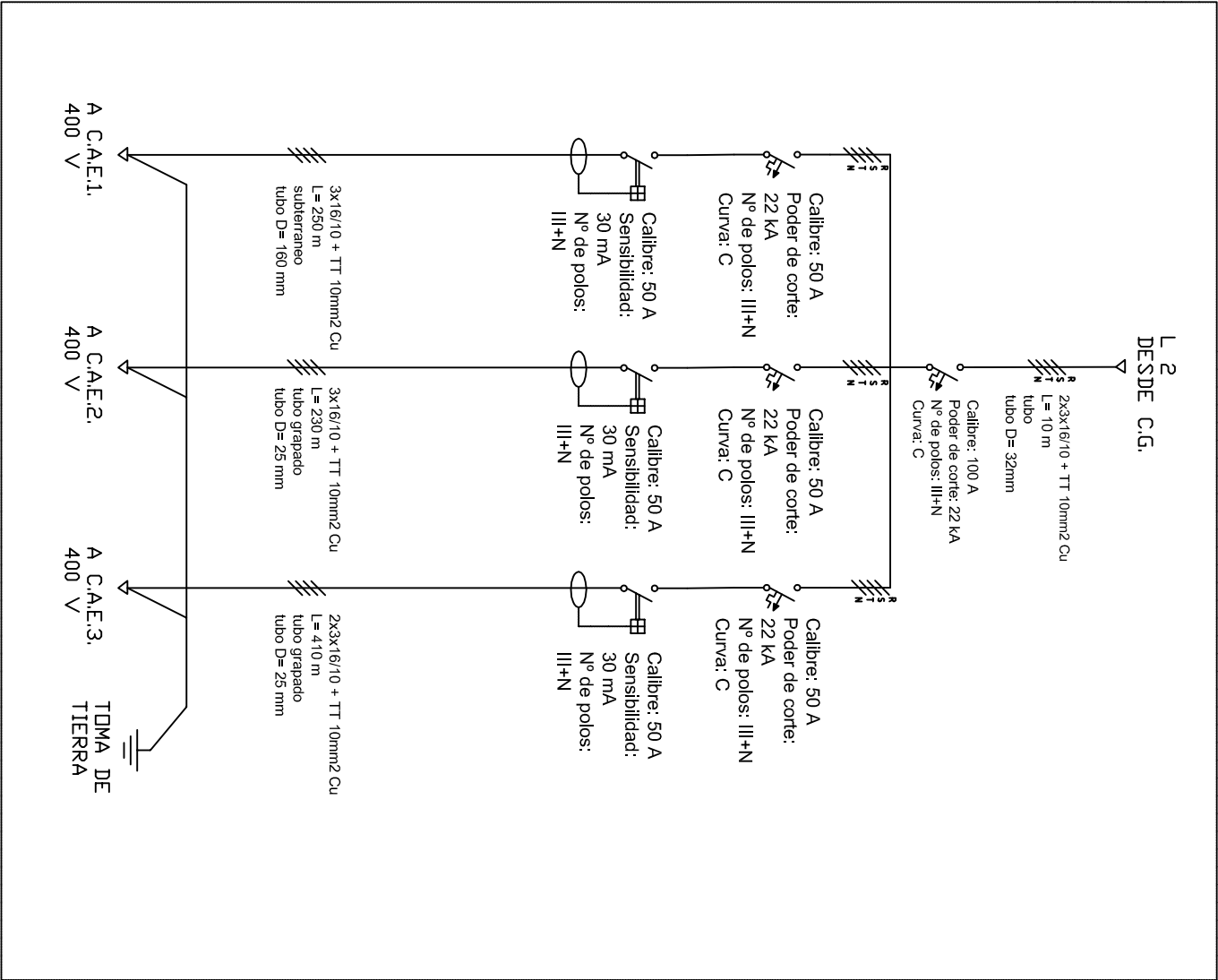



 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTO:
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL		REALIZADO: GARCIA GARCIA,EDUARDO
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO GENERAL		FIRMA: FECHA: 2/2012
		ESCALA: S/E
		Nº PLANO: 9

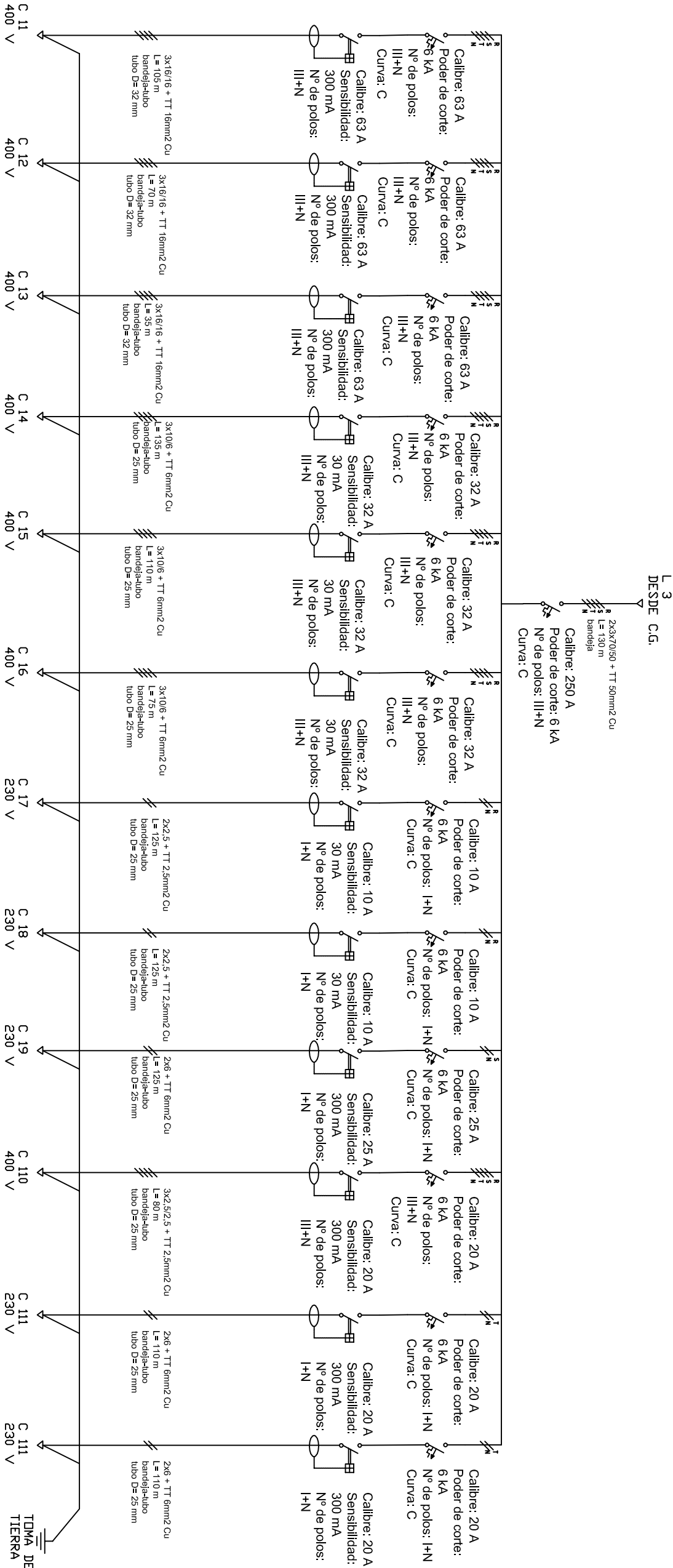
CUADRO  
CARGADORES  
DE  
BATERIAS



CUADRO  
ALUMBRADO  
EXTERIOR



 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		REALIZADO: <b>GARCIA GARCIA,EDUARDO</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL</b>		FIRMA:		
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CARGADORES DE BATERÍAS Y ALUMBRADO EXTERIOR</b>	FECHA: <b>2/2012</b>		ESCALA: <b>S/E</b>	
			Nº PLANO: <b>10</b>	



LEYENDA

Calibre:

Poder de corte:

Nº de polos:

Curva:


INTERRUPTOR  
MAGNETOTERMICO

Calibre:

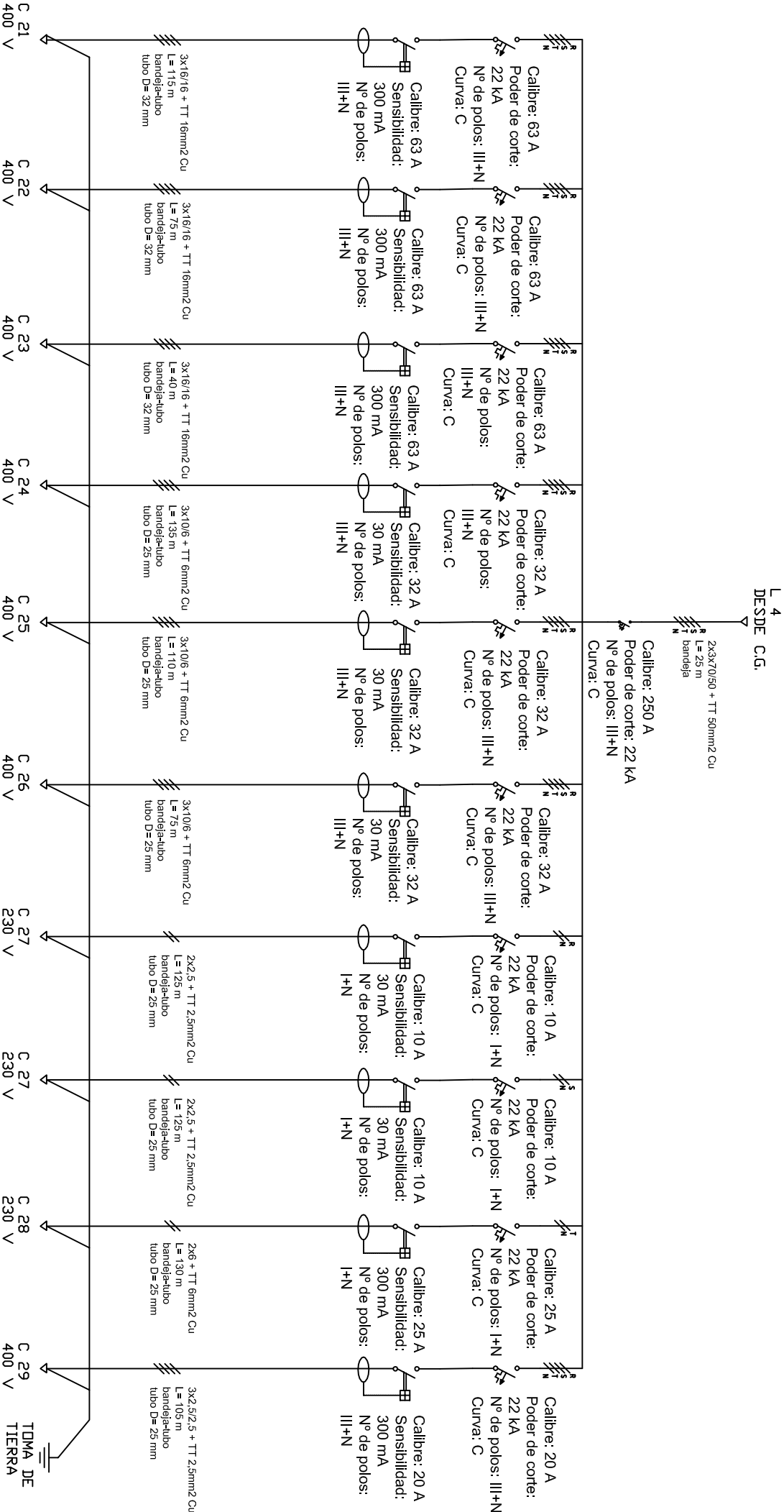
Sensibilidad:

Nº de polos:

INTERRUPTOR  
DIFERNCIAL

<div><div><div><div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div><div>PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL</div></div></div>	E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		
REALIZADO: GARCIA GARCIA,EDUARDO			FIRMA:
FIRMA:			
PLANO:	ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 1		
FECHA: 2/2012	ESCALA: S/E	Nº PLANO 11	





LEYENDA

Calibre:

Poder de corte:

Nº de polos:

Curva:

INTERRUPTOR  
MAGNETOTERMICO

Calibre:

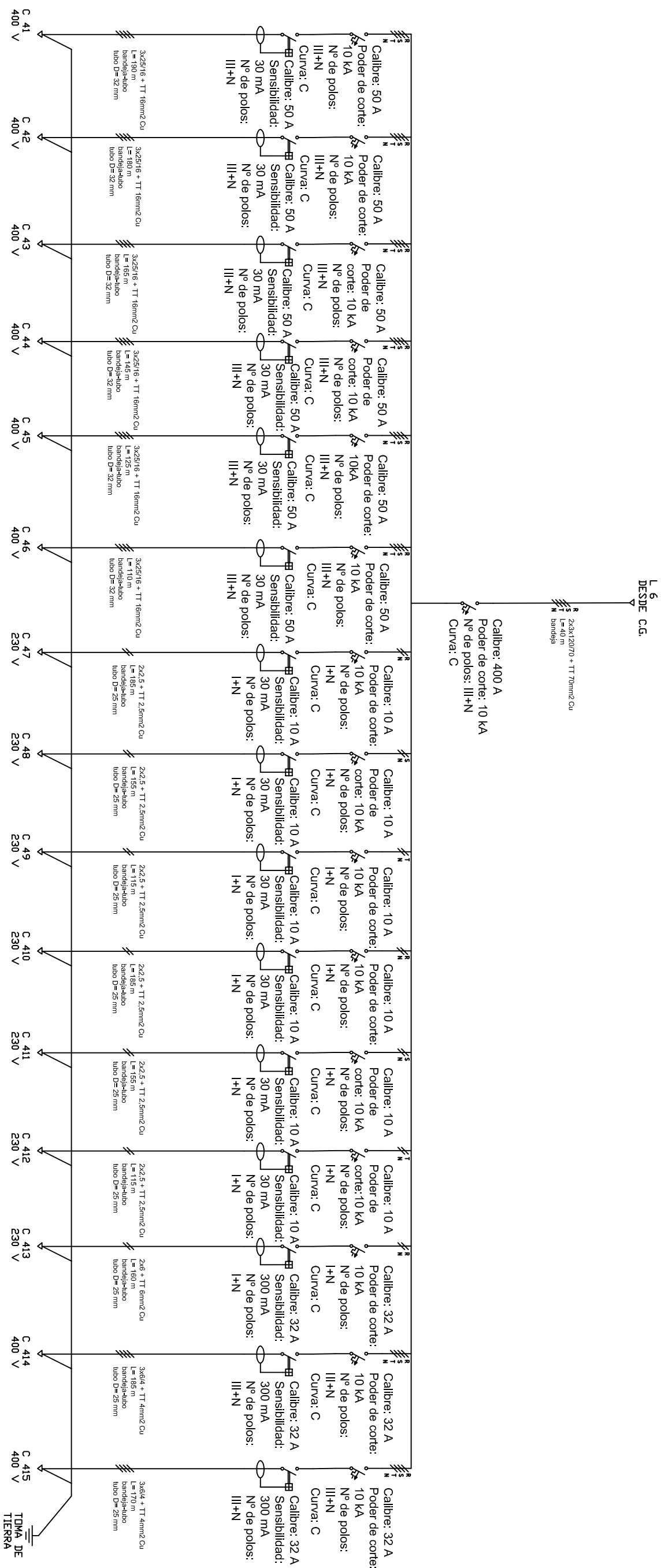
Sensibilidad:

Nº de polos:

INTERRUPTOR  
DIFERNCIAL

<div><div><div>UNIVERSITAT PUBLICA NAFARROAKO</div><div>Universidad Pública de Navarra</div><div>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div></div><div><div>E.T.S.I.I.T.</div><div>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</div></div></div>		DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL		REALIZADO: GARCIA GARCIA,EDUARDO	
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 2		FIRMA:	
FECHA: 2/2012		ESCALA: S/E	
		Nº PLANO: 12	




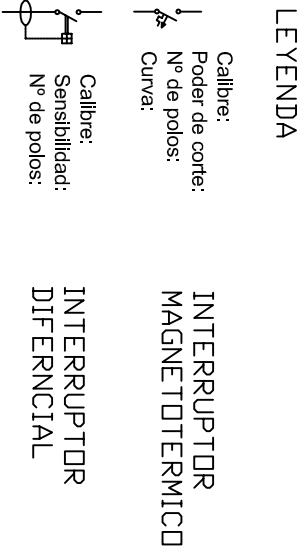
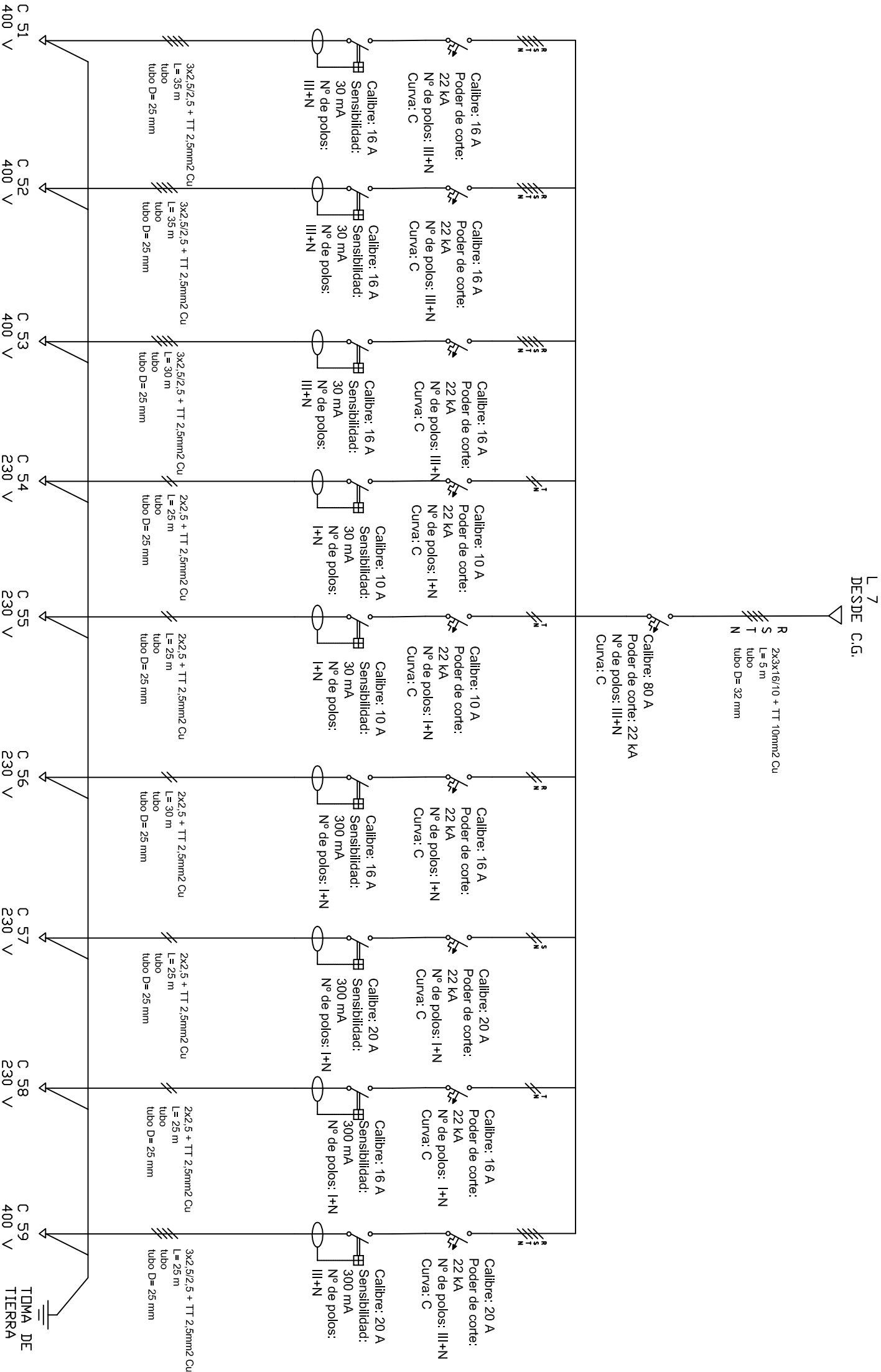



## LEYENDA

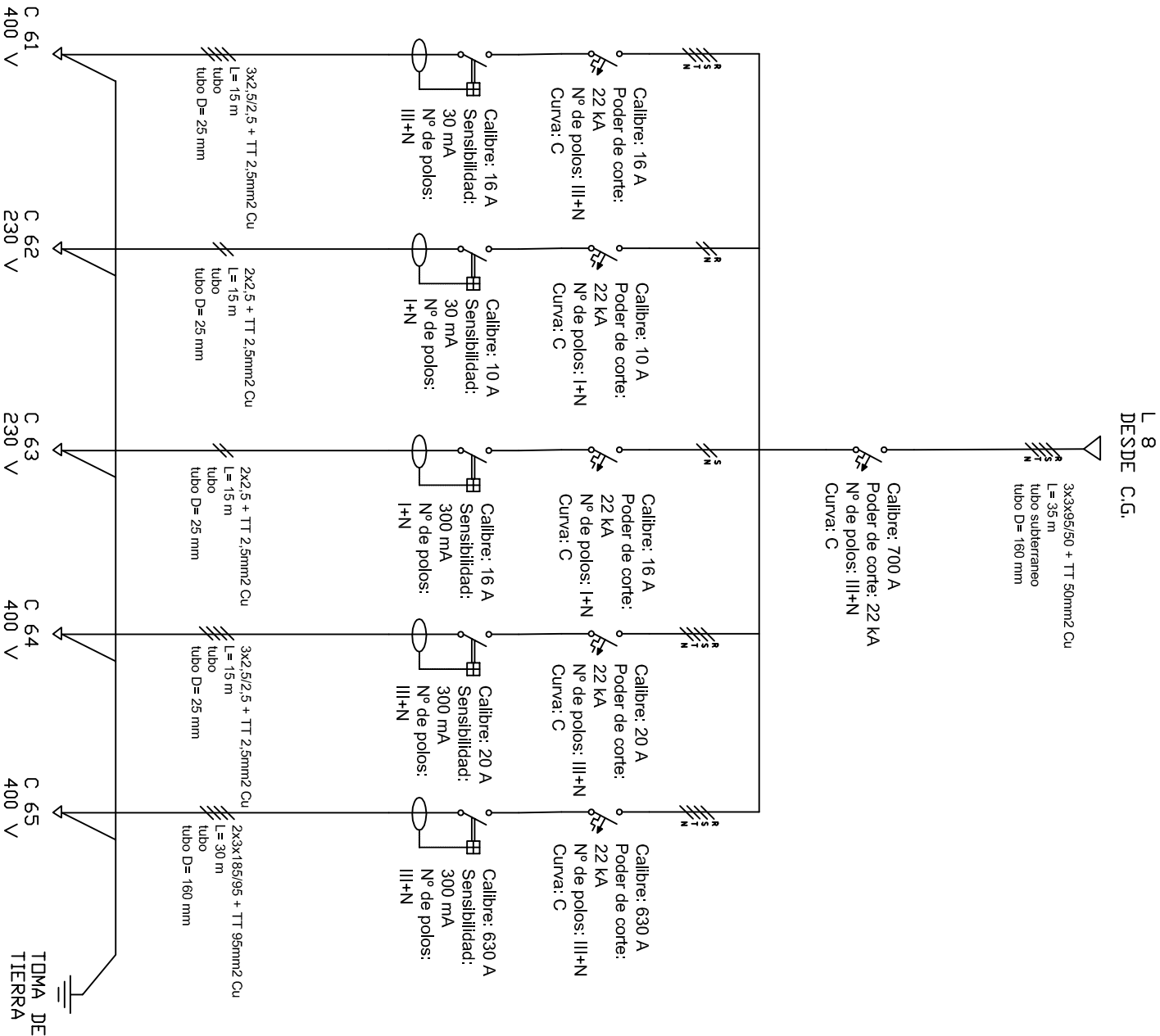
Calibre:	Calibre:
Poder de corte:	Sensibilidad:
Nº de polos:	Nº de polos:
Curva:	
INTERRUPTOR MAGNETOTERMICO	INTERRUPTOR DIFERENCIAL

# INTERRUPTOR DIFERNCIAL


 Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa	<b>E.T.S.I.I.T.</b>	DEPARTAMENTU:  DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.	
PROYECTO:  INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL	REALIZADO:  GARCIA GARCIA,EDUARDO	
PLANO:  ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 4	FIRMA:	
	FECHA: 2/2012	ESCALA: S/E
	Nº PLANO: 14	



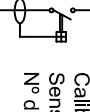
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>	<b>E.T.S.I.I.T.</b>		DEPARTAMENTO: <b>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</b>	
	<b>INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.</b>		REALIZADO: <b>GARCIA GARCIA,EDUARDO</b>	
PROYECTO: <b>INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL</b>		FIRMA:		
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 5</b>		FECHA: <b>2/2012</b>	ESCALA: <b>S/E</b>	Nº PLANO: <b>15</b>



LEYENDA




Calibre:  
Poder de corte:  
Nº de polos:  
Curva:



Calibre:  
Sensibilidad:  
Nº de polos:

INTERRUPTOR  
MAGNETOTERMICO

INTERRUPTOR  
DIFERNCIAL

 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		E.T.S.I.I.T.		DEPARTAMENTO DE DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
		INGENIERO TECNICO INDUSTRIAL E.		
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y CENTRO DE TRANSFORMACIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL				
FIRMA:				
REALIZADO: GARCIA GARCIA,EDUARDO				
PLANO: ESQUEMA UNIFILAR CUADRO AUXILIAR 6		FECHA: 2/2012	ESCALA: S/E	Nº PLANO: 16







# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y  
CENTRO DE TRASFORMACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL”

DOCUMENTO: 4. PLIEGO DE CONDICIONES

Alumno: Eduardo Garcia Garcia

Tutora: Amaia Pérez Ezkurdia

Pamplona, 23 de Febrero de 2012





## **INDICE**

<b><u>PLIEGO DE CONDICIONES</u></b>	<b><u>PÁGINA</u></b>
4.1. Objeto	3
4.2. Condiciones generales	3
4.2.1. Normas generales	3
4.2.2. Ámbito de aplicación	3
4.2.3. Conformidad o variación de las condiciones	3
4.2.4. Rescisión	3
4.2.5. Condiciones generales	3
4.3. Condiciones de la ejecución	4
4.3.1. Datos de la obra	4
4.3.2. Obras que comprende	4
4.3.3. Mejoras y variaciones del proyecto	4
4.3.4. Personal	4
4.3.5. Condiciones de pago	5
4.4. Condiciones particulares	5
4.4.1. Disposiciones aplicables	5
4.4.2. Contradicciones y omisiones del proyecto	5
4.4.3. Prototipos	6
4.5. Normativa general	6
4.6. Conductores	7
4.6.1. Materiales	7
4.6.2. Redes aéreas para distribución de energía eléctrica	7
4.6.2.1. Instalaciones de conductores aislados	7
4.6.2.2. Sección mínima del conductor neutro	7
4.6.2.3. Continuidad del conductor de neutro	8
4.6.3. Sección de los conductores. Caídas de tensión	8
4.7. Receptores	8
4.7.1. Condiciones generales de la instalación	8
4.7.2. Conexiones de receptores	9
4.7.3. Receptores de alumbrado. Instalación	9
4.7.4. Receptores a motor. Instalación	9
4.7.5. Aparatos de caldeo. Instalación	10
4.8. Protección contra sobretensiones y sobreintensidades	10
4.8.1. Protección de las instalaciones	10
4.8.1.1. Protección contra sobreintensidades	10
4.8.1.2. Protección contra sobrecargas	10
4.8.2. Situación de los dispositivos de protección	11
4.8.3. Características de los dispositivos de protección	11
4.9. Protecciones contra contactos directos e indirectos	11
4.9.1. Protecciones contra contactos directos	11
4.9.2. Protecciones contra contactos indirectos	11
4.9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto	12
4.10. Alumbrados especiales	13
4.10.1. Alumbrado de emergencia	13
4.10.2. Alumbrado de señalización	13
4.10.3. Locales con alumbrados especiales	13
4.10.4. Fuentes propias de energía	14
4.10.5. Instrucciones complementarias	14

<b>4.11. Local</b>	<b>14</b>
<b>4.11.1. Prescripciones de carácter general</b>	<b>14</b>
<b>4.12. Corrección del factor de potencia</b>	<b>15</b>
<b>4.13. Puestas a tierra</b>	<b>15</b>
<b>4.13.1. Objeto de la puesta a tierra</b>	<b>15</b>
<b>4.13.2. Definición</b>	<b>15</b>
<b>4.13.3. Partes que corresponden a las puestas a tierra</b>	<b>16</b>
<b>4.13.4. Electrodo, naturaleza, construcción, dimensiones</b>	<b>17</b>
<b>4.13.5. Resistencia de tierra</b>	<b>17</b>
<b>4.13.6. Características y condiciones de instalación de las líneas de enlace con tierra, de las líneas principales de tierra y sus derivaciones</b>	<b>18</b>
<b>4.13.7. Separación entre las tomas de tierra de las masas, de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación</b>	<b>19</b>
<b>4.13.8. Revisión de las tomas de tierra</b>	<b>19</b>



## **PLIEGO DE CONDICIONES**

### **4.1. Objeto**

El objeto de este pliego de condiciones es, establecer las exigencias que deberán satisfacer los materiales, los montajes y la realización de la obra de la instalación eléctrica de baja tensión y el centro de transformación de una nave industrial cuya actividad consistirá en la logística.

El emplazamiento de la instalación será una nave situada en el polígono industrial Miralcampo, C/ del Plástico en el término municipal de Azuqueca de Henares (Guadalajara).

### **4.2. Condiciones generales**

#### **4.2.1. Normas generales**

Todas las instalaciones que se realicen en el desarrollo del presente proyecto, deberán cumplir lo preceptuado en el Reglamento Eléctrico para Baja Tensión, así como la reglamentación complementaria, deberán cumplir el Reglamento Electrotécnico para centros de transformación de Iberdrola (compañía suministradora).

#### **4.2.2. Ámbito de aplicación**

Se aplicará todo lo expuesto en el presente pliego de condiciones en las obras de suministro y colocación de todas y cada una de las piezas o unidades de obra necesarias para efectuar debidamente la instalación eléctrica de la nave industrial anteriormente descrita.

#### **4.2.3. Conformidad o variación de las condiciones**

Se aplicarán estas condiciones para todas las obras incluidas en el apartado anterior, entendiéndose que el contratista, conoce estos pliegos, no admitiéndose otras modificaciones más que aquellas que pudieran introducir el autor del proyecto.

#### **4.2.4. Rescisión**

Si la ejecución de la obra no fuera efectuada, o si el material presentado no reuniese las condiciones necesarias, se podrá proceder a la rescisión del contrato con pérdida de la fianza.

En este caso se fijara un plazo para tomar las medidas cuya paralización pudiera perjudicar las obras sin que durante este plazo se empiecen mas trabajos.

No se abonarán los acopios que se hubieran efectuado.

#### **4.2.5. Condiciones generales**

El contratista deberá cumplir cuantas disposiciones vigentes hubiera de carácter social y de protección a la empresa nacional.



### 4.3. Condiciones de la ejecución

#### 4.3.1. Datos de la obra

Se entregará al contratista una copia de los planos, memoria y pliego de condiciones, así como cuantos planos o datos necesite la completa ejecución de la obra.

El contratista podrá tomar nota o sacar copia, a su costa, del presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

#### 4.3.2. Obras que comprende

Las obras se ejecutan conforme al proyecto, a las condiciones contenidas en este pliego de condiciones y el particular, si lo hubiera, y de acuerdo con las normas de la empresa suministradora.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna modificación de cualquier naturaleza, tanto en la ejecución de las obras en relación con el proyecto, como en las condiciones técnicas específicas.

Las obras que comprenden este proyecto, abarcan el suministro e instalación de los materiales precisos para efectuar la instalación eléctrica de la nave industrial, considerando nave industrial las oficinas, almacenes, nave propiamente dicha, locales no nombrados que se encuentran dentro de la propiedad, así como el centro de transformación.

Las labores comprendidas son las siguientes:

- Los transportes necesarios, tanto para la traída de materiales, como para el envío de estos fuera de la zona.
- Suministro de todo material necesario para las instalaciones.
- Ejecución de los trabajos necesarios para la instalación de todo lo reseñado:
  - Colocación de luminarias.
  - Colocación de cableado.
  - Instalación de las protecciones eléctricas.
  - Colocación de bandejas y de tubos protectores para cableado.
  - Ejecución del centro de transformación.

#### 4.3.3. Mejoras y variaciones del proyecto

No se consideran como variaciones o mejoras en el proyecto nada más que aquellas que hayan sido ordenadas expresamente, por escrito, por el director de obra y convenido precio antes de proceder a la ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personas independientes al contratista.

#### 4.3.4. Personal

El contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo la excepción del apartado anterior. Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al trabajo propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo. El contratista deberá tener al frente de los trabajadores un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

El contratista deberá emplear en sus trabajos el número de operarios que sean necesarios para llevarlo a cabo con la conveniente rapidez, así como organizar el número de brigadas que se le indiquen, para trabajar en varios puntos a la vez.



El contratista tendrá al frente de los trabajadores personal idóneo, el cual deberá atender cuantas órdenes procedan de la dirección técnica de las obras, estando a la expectativa, con objeto de que se lleven con el orden debido.

#### **4.3.5. Condiciones de pago**

Se abonarán las unidades realmente ejecutadas, a los precios indicados en el presupuesto, y aplicándoles el coeficiente de subasta si lo hubiere.

Si alguna obra no se halla debidamente ejecutada, con sujeción estricta a las condiciones del contrato y fuese, sin embargo, admitida, podrá ser recibida provisional y aun definitivamente, en su caso; pero el contratista quedará obligado a conformarse con la rebaja que el director de obra señale y la propiedad apruebe, salvo en el caso que prefiera demolerla y rehacer a su costa, con arreglo a las condiciones del contrato.

No tendrá derecho el contratista a abono de obras ejecutadas sin orden concreta de la propiedad o del director de obra. Las obras accesorias y auxiliares ordenadas al contratista, se abonarán a precios de la contrata, si le son aceptables, con la rebaja correspondiente o la bonificación hecha en subasta. Si contiene materiales o unidades de obra no previstas en el proyecto, y por tanto, no tiene precio señalado en el presupuesto, se determinará previamente el correspondiente precio contradictorio entre la propiedad y el contratista. Si se ejecutan las obras sin haberse cumplido este requisito previo, deberá conformarse con la tasación que realiza el director de obra.

Cuando la propiedad o el director de obra presumiese la existencia de vicios o defectos de construcción, sea en el curso de la ejecución de la obra o antes de su recepción definitiva, podrán ordenar la demolición y reconstrucción en la parte o extensión necesaria. Los gastos de estas operaciones serán de cuenta del contratista, cuando se confirmen los vicios o defectos supuestos.

### **4.4. Condiciones particulares**

#### **4.4.1. Disposiciones aplicables**

Además de las disposiciones contenidas en este pliego de condiciones, serán de aplicación en todas las instalaciones las siguientes:

- Todas las disposiciones generales vigentes para la contratación de obras públicas.
- Normas UNE del instituto de normalización Española y aplicándose ante la no existencia de dicha normativa, las especificaciones recogidas en las normas internacionales ISO; CIE; CEI o en su defecto las DIN; UTE o rango equivalente.
- Normas de la compañía suministradora de energía.

#### **4.4.2. Contradicciones y omisiones del proyecto**

Lo mencionado en la memoria y omitido en los planos, o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos; en caso de contradicción entre planos y la memoria, prevalecerá lo prescrito en esta última.

Las omisiones en los planos o las descripciones erróneas de los detalles de la obra en este pliego de condiciones, no sólo no eximen al contratista de la obligación de ejecutar estos detalles de obra, omitidos o erróneamente descritos sino que, por el contrario, deberán ser ejecutados como si estuviesen correctamente explicados en los planos y en el pliego de condiciones.



#### 4.4.3. Prototipos

Antes de comenzar la obra, el adjudicatario podrá someter a la aprobación de la dirección de obra un prototipo de alguno de los materiales de los que consta el proyecto, con los cuales podrá realizar los ensayos que estimen oportunos.

Tanto los materiales como el importe de los ensayos, serán por cuenta del adjudicatario.

#### 4.5. Normativa general

- a. Se clasificara como instalación eléctrica de baja tensión todo conjunto de aparatos y circuitos asociados en previsión a un fin particular. Producción, transformación, conservación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica, cuyas tensiones nominales sean iguales o inferiores a 1000V para corriente alterna.
- b. Los materiales, aparatos y receptores utilizados en las instalaciones de baja tensión cumplirán en lo que se refiere a condiciones de seguridad técnica, dimensiones y calidad, lo determinado en el reglamento.
- c. Si en la instalación eléctrica están integrados circuitos en los que las tensiones empleadas son superiores al límite establecido para baja tensión se deberá cumplir en ellos las prescripciones del reglamento de alta tensión. Nota: en virtud de este artículo se detallara la normativa a cerca del transformador en un capítulo específico del presente pliego.
- d. Cuando se construya un local, edificio o agrupación de estos, cuya previsión de cargas exceda de 50kVA, o cuando la demanda de un nuevo suministro sea superior a esta cifra, la propiedad del inmueble deberá reservar un local destinado al montaje de la instalación de un centro de transformación, cuya disposición en el edificio corresponda a las características de la red de suministro aérea o subterránea, tenga las dimensiones necesarias para el montaje de los equipos y aparatos requeridos para dar suministro de energía previsible. El local, que deberá ser de fácil acceso, se destinara exclusivamente a la finalidad prevista y no podrá utilizarse como deposito de materiales, ni de piezas o elementos de recambio.
- e. Corresponde al Ministerio de Industria, con arreglo a la ley del 24 de Noviembre de 1939, la ordenación e inspección de la generación, transformación, distribución y aplicación de la energía eléctrica.
- f. Las delegaciones provinciales del Ministerio de Industria, autorizaran el enganche y funcionamiento de las instalaciones eléctricas de baja tensión. Según su importancia, sus fines o la peligrosidad de sus características o de su situación, las delegaciones exigirán la presentación de un proyecto de la instalación, suscrito por un técnico competente, antes de iniciarse el montaje de la misma. En todo caso, y para autorizar cualquier instalación, la delegación deberá recibir y conformar el boletín extendido por el instalador autorizado que realice el montaje, así como un acta de las pruebas realizadas por la compañía suministradora en la forma en que se establece en las instrucciones complementarias.



## 4.6. Conductores

### 4.6.1. Materiales

Los conductores utilizados en las redes aéreas serán de cobre, aluminio o de otros materiales o aleaciones que posean características eléctricas y mecánicas adecuadas. Pueden ser desnudos o aislados. Los conductores aislados serán de tensión nominal no inferior a 100V. Y tendrán un aislamiento apropiado que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie. Podrán utilizarse de menor tensión nominal siempre que cumplan las condiciones de instalación señaladas en la instrucción ITC BT 03.

Los aisladores serán de porcelana, vidrio o de otro material aislante equivalente que resista las condiciones de la intemperie, especialmente las variaciones de temperatura y la corrosión, debiendo ofrecer una resistencia suficiente a los esfuerzos mecánicos a los que estén sometidos.

### 4.6.2. Redes aéreas para distribución de energía eléctrica

#### 4.6.2.1. Instalaciones de conductores aislados

Cuando se trate de conductores de tensión nominal inferior a 1000V

- a. Sobre aisladores de 1000 voltios de tensión nominal.
- b. Bajo envueltas aislantes resistentes a la intemperie que proporcionen un aislamiento con relación a tierra equivalente a 1000 voltios de tensión nominal.

Los empalmes y conexiones de conductores se realizarán cuidadosamente, de modo que en ellos la elevación de temperatura no sea superior a la de los conductores.

Se utilizarán piezas metálicas apropiadas resistentes a la corrosión, que aseguren un contacto eléctrico eficaz. En los conductores sometidos a tracción mecánica, los empalmes deberán soportar sin rotura ni desplazamiento del conductor, el 90% de su carga de rotura, no siendo admisible en estos empalmes su realización por soldadura o por torsión directa de los conductores, aunque este último sistema puede utilizarse cuando estos sean de cobre y su sección no sea superior a 100 mm<sup>2</sup>.

En los empalmes y conexiones de conductores aislados o de estos con conductores desnudos se utilizarán accesorios adecuados resistentes a las acciones de la intemperie y se colocarán de forma que evite la filtración de humedad en los conductores aislados.

Las derivaciones se realizarán en las proximidades inmediatas de los soportes de línea (aisladores, etc.) y no originarán tracción mecánica sobre la misma.

#### 4.6.2.2. Sección mínima del conductor neutro

El conductor neutro tendrá, como mínimo, la selección que a continuación se especifica:

- a. En distribución monofásica o de corriente continua:
  - A dos hilos: igual a la del conductor de fase o polar.
  - A tres hilos: hasta 16 mm<sup>2</sup> de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones de entre 16 y 35 mm<sup>2</sup> será de 16





mm<sup>2</sup>; para secciones superiores a 35 mm<sup>2</sup> la mitad de la sección de los conductores de fase.

b. En distribuciones trifásicas:

- A cuatro hilos (tres fases y neutro): hasta 16 mm<sup>2</sup> de cobre, igual a la del conductor de fase o polar; para secciones entre 16 y 35 mm<sup>2</sup> será de 16 mm<sup>2</sup>; para secciones superiores a 35 mm<sup>2</sup> la mitad de la sección de los conductores de fase.

#### 4.6.2.3. Continuidad del conductor de neutro

El conductor neutro no podrá quedar interrumpido en las redes de distribución, salvo que esta interrupción sea realizada por alguno de los dispositivos siguientes.

- Interruptores o seccionadores omnipolares que actúen sobre el neutro al mismo tiempo que en las fases o que establezcan la conexión de neutro antes que las fases y desconecten estas antes que el neutro.
- Uniones amovibles en el neutro próximas a los interruptores o seccionadores de los conductores de fase, debidamente señalizados y que solo puedan ser maniobradas mediante herramientas adecuadas, no debiendo, en este caso, ser seccionado el neutro sin que lo estén previamente las fases, ni conectadas estas sin haberlo sido el neutro previamente.

#### 4.6.3. Sección de los conductores. Caídas de tensión

La sección de los conductores a utilizar se determina de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier punto de utilización sea menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado y del 6,5% para los demás usos. Cumpliendo así con lo que se refleja en la ITC BT 19 para instalaciones interiores alimentadas desde un C.T. propio. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todos los aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente.

### 4.7. Receptores

#### 4.7.1. Condiciones generales de la instalación

Los receptores que se instalen tendrán que cumplir los requisitos de correcta utilización y seguridad. Durante su funcionamiento no deberán producir perturbaciones en las redes de distribución públicas ni en las comunicaciones.

Los receptores se instalarán de acuerdo con su destino (clase de local, emplazamiento, utilización, etc.), con los esfuerzos mecánicos previsibles y en las condiciones de ventilación necesarias para que ninguna temperatura peligrosa, tanto para la propia instalación como para objetos próximos, puedan producirse en funcionamiento. Soportarán la influencia de agentes exteriores a que estén sometidos en servicio: polvo, gases, humedad, etc.

Los circuitos que formen parte de los receptores salvo las excepciones que para cada caso puedan señalar prescripciones de carácter particular, deberán estar protegidos contra sobrecorrientes siendo de aplicación para ello lo dispuesto en la instrucción ITC BT22. Se adoptarán las características de intensidad; tiempo de los dispositivos, de acuerdo con las características y condiciones de utilización de los receptores a proteger.



#### 4.7.2. Conexiones de receptores

Todo receptor será accionado por un dispositivo que pueda ir incorporado al mismo o a la instalación de alimentación. Para este accionamiento se utilizará alguno de los dispositivos indicados en la instrucción ITC BT 43.

Se admitirá, cuando prescripciones particulares no señalen lo contrario, que el accionamiento afecte a un grupo de receptores.

Los receptores podrán conectarse a las canalizaciones directamente o por medio de un conductor movable. Cuando esta conexión se efectúe directamente a una canalización fija, los receptores se situarán de manera que se pueda verificar su funcionamiento, proceder a su mantenimiento y controlar esta conexión. Si la conexión se efectuara por medio de un conductor movable, este incluirá el número de conductores necesarios y, si procede, el conductor de protección.

En cualquier caso, los conductores en la entrada al aparato estarán protegidos contra riesgos de tracción, torsión, cizallamiento, abrasión, plegados excesivos, etc., por medio de dispositivos apropiados constituidos por materiales aislantes. No se permitirá anudar los conductores o atarlos al receptor. Los conductores de protección tendrán longitud tal que, en caso de fallar el dispositivo impeditivo de tracción, queden únicamente sometidos hasta después que la hayan soportado los conductores de alimentación.

En los receptores que produzcan calor, si las partes del mismo que puedan tocar a su conductor de alimentación alcanza más de 85°C de temperatura, la envolvente exterior del conductor no será de material termoplástico.

La conexión de conductores movibles a la instalación alimentadora se realizará utilizando:

- Tomas de corriente.
- Cajas de conexión.
- Trole para el caso de vehículos a tracción eléctrica o aparatos movibles.

#### 4.7.3. Receptores de alumbrado. Instalación

Se prohíbe terminantemente colgar las armaduras de las lámparas utilizando para ello los conductores que llevan la corriente a la misma. Las armaduras irán firmemente enganchadas a los techos mediante tirafondos atornillados o sistema similar. Si se emplea otro sistema de suspensión, este deberá ser firme y estar aislado totalmente de la armadura.

En caso de lámparas fluorescentes se utilizarán modelos iguales o similares a los presentados en la memoria, siendo la única condición que lleven una corrección del factor de potencia  $d$  por lo menos hasta 0,9.

Para la instalación de lámparas suspendidas en el exterior, se seguirá lo dispuesto en la ITC BT 09 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

#### 4.7.4. Receptores a motor. Instalación

Los motores se instalarán de manera que la aproximación a sus partes en movimiento no pueda ser causa de accidente. No estarán nunca en contacto con materiales fácilmente combustibles, guardando las siguientes distancias de seguridad:

- 0,5 metros si la potencia del motor es igual o menor a 1kW.
- 1 metro si la potencia nominal es superior a 1kW.

Todos los motores de potencia superior a 0,25 CV y todos los situados en locales con riesgo de incendio o explosión, tendrán su instalación propia de



protección. Esta constará por lo menos con un juego de fusibles cortocircuitados de acuerdo con las características del motor.

También se dotará al motor de un sistema de protección contra la falta de tensión mediante un dispositivo de corte automático de la alimentación, cuando el arranque espontáneo del motor, como consecuencia del restablecimiento de la tensión, pueda provocar accidente o perjudicar a este.

#### **4.7.5. Aparatos de caldeo. Instalación**

Los aparatos de caldeo se instalaran de manera que no puedan inflamar las materias combustibles circundantes, aun en caso de empleo negligente o defectos previsibles de los mismos.

Los aparatos de caldeo industrial que estén destinados a estar en contacto con materias combustibles inflamables y que en su uso normal no estén bajo la vigilancia de un operario, estarán provistos de un limitador de temperatura que interrumpa o reduzca el caldeo antes de alcanzar una temperatura peligrosa.

Los aparatos de caldeo por aire caliente estarán constituidos de manera que su elemento de caldeo sólo pueda ponerse en servicio después de hacerlo el ventilador correspondiente y cese aquel cuando el ventilador deje de funcionar. Los aparatos fijos, llevaran además, dos limitadores de temperatura, independientes entre sí, que impidan una elevación excesiva de ésta en los conductos de aire.

### **4.8. Protección contra sobretensiones y sobreintensidades**

#### **4.8.1. Protección de las instalaciones**

##### **4.8.1.1. Protección contra sobreintensidades**

Todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobreintensidades que puedan presentarse en el mismo, para lo cual la interrupción de este circuito se realizará en un tiempo conveniente o estará dimensionado para las sobreintensidades previsibles.

Excepto los conductores de protección, todos los conductores que forman parte de un circuito, incluyendo el conductor neutro o compensador, estarán protegidos contra los efectos de las sobreintensidades.

Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con curva térmica de corte.

##### **4.8.1.2. Protección contra sobrecargas**

El límite de intensidad admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizado por el dispositivo de protección utilizado.

El dispositivo de protección general puede estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar o por un interruptor automático que corte únicamente los conductores de fase o polares bajo la acción del elemento que controle la corriente en el conductor de neutro.

Como dispositivos de protección contra sobrecargas serán utilizados los fusibles calibrados de características adecuadas o los interruptores automáticos con curva térmica de corte.



#### **4.8.2. Situación de los dispositivos de protección**

Todos los dispositivos de protección se instalarán en los diferentes cuadros instalados en la nave. Estos dispositivos protegerán tanto las instalaciones como a las personas contra sobrecargas y cortocircuitos.

Se instalaran para tal fin interruptores automáticos, diferenciales y fusibles.

#### **4.8.3. Características de los dispositivos de protección**

Deberán poder soportar la influencia de los agentes exteriores a que estén sometidos, presentado el grado de protección que les corresponda de acuerdo con sus condiciones de instalación.

Los fusibles irán colocados sobre material aislante incombustible y estarán contruidos de tal forma que no puedan proyectar metal al fundirse. Cumplirán la condición de permitir su recambio bajo tensión de la instalación sin peligro alguno. Deberán llevar marcada la intensidad y tensión nominales de trabajo.

Los interruptores automáticas serán los apropiados a los circuitos a proteger un su funcionamiento a las curvas intensidad-tiempo adecuadas. Deberán cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia entre las correspondientes a la apertura y al cierre. Cuando se utilicen para la protección contra cortocircuitos, su capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su instalación, salvo que vayan asociados con fusibles adecuados que cumplan este requisito.

Los interruptores automáticos, llevaran marcada su intensidad y tensión nominal, el símbolo de la naturaleza de corriente en que hayan de emplearse y el símbolo que indique las características de desconexión, de acuerdo con la norma que le corresponda, o en su defecto, irán acompañados de las curvas de desconexión.

### **4.9. Protecciones contra contactos directos e indirectos**

#### **4.9.1. Protecciones contra contactos directos**

Para considerar satisfactoria la protección contra contactos directos se tomará una de las siguientes medidas:

- Alejamiento de las partes activas de la instalación del lugar donde circulen las personas habitualmente con un mínimo de 2,5 m hacia arriba, 1 m abajo y 1 m lateralmente.
- Interposición de obstáculos que impidan todo contacto accidental con las partes activas de la instalación. Los obstáculos deben estar fijados de forma segura y resistir a los esfuerzos mecánicos usuales que puedan presentarse en su función.
- Recubrimiento de las partes activas de la instalación por medio de un aislamiento apropiado capaz de conservar sus propiedades con el tiempo y que limite la corriente de contacto a un valor no superior a 1 mA.

#### **4.9.2. Protecciones contra contactos indirectos**

Para la elección de las medidas de protección contra contactos indirectos, se tendrá en cuenta la naturaleza de los locales o emplazamientos, las masas y los

elementos conductores, la extensión y la importancia de la instalación, etc., que obligaran en cada caso a adoptar las medidas de protección mas adecuadas.

Para instalaciones con tensiones superiores a 250 V con relación a tierra es necesario establecer sistemas de protección, cualquiera que sea el local, naturaleza del suelo, etc.

Las medidas de protección contra contactos indirectos pueden ser de las siguientes clases:

Clase A:

Se basara en los siguientes sistemas:

- Separación de circuitos.
- Empleo de pequeñas tensiones.
- Separación entre las partes activas y las masas accesibles por medio de aislamientos de protección; inaccesibilidad simultáneamente de elementos conductores y masas.
- Recubrimiento de las masas con aislamientos de protección.
- Conexiones equipotenciales.

▪ Clase B:

Se basara en los siguientes sistemas:

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto.
- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto.

#### **4.9.3. Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto**

Este sistema de protección consiste en la puesta a tierra de las masas, asociada a un dispositivo de corte automático sensible a la intensidad de defecto que origine la desconexión de la instalación defectuosa. Requiere que se cumpla las condiciones siguientes:

En instalaciones con el neutro conectado directamente a tierra:

- La corriente a tierra producida por un solo defecto franco debe hacer actuar el dispositivo de corte en un tiempo no superior a 5 segundos.
- Una masa cualquiera no puede permanecer en relación a una toma de tierra eléctricamente distinta, a un potencial superior, en valor eficaz a:
  - 24 V en locales conductores.
  - 50 V en los demás casos.
- Todas las masas de una instalación deben estar unidas a la misma toma de tierra.

Se utilizaran como dispositivos de corte automático sensibles a la corriente de defecto interruptores diferenciales. Los diferenciales provocan la apertura automática de la instalación cuando la suma vectorial de las intensidades que atraviesan los polos del aparato alcanza un valor determinado.

El valor mínimo de la corriente de defecto, a partir del cual el interruptor diferencial abre automáticamente, en su tiempo conveniente la instalación a proteger, determina la sensibilidad de funcionamiento del aparato.



#### **4.10. Alumbrados especiales**

##### **4.10.1. Alumbrado de emergencia**

Es aquel que debe permitir, en caso de fallo del alumbrado general, la evacuación fácil y segura de las personas que se encuentren en el interior hacia el exterior. Solamente podrá ser alimentado por fuentes propias de energía, sean o no exclusivas para dicho alumbrado, pero no por fuente de suministro exterior, cuando la fuente propia de energía esté constituida por baterías de acumuladores o por aparatos autónomos automáticos, se podrá utilizar un suministro exterior para proceder a su carga.

El alumbrado de emergencia deberá poder funcionar durante un mínimo de una hora, proporcionando en el eje de los pasos principales una iluminación adecuada. Este alumbrado se instalará en las salidas y en las señales indicadoras de la dirección de las mismas. Si hay un cuadro principal de distribución, en el local donde este se instale, así como sus accesos, estarán provistos de alumbrado de emergencia.

Deberá entrar en funcionamiento al producirse el fallo de los alumbrados generales o cuando la tensión de estos baje a menos del 70% de su tensión nominal.

##### **4.10.2. Alumbrado de señalización**

Es el que se instala para funcionar de modo continuo durante determinados periodos de tiempo. Este alumbrado debe señalar de modo permanente la situación de puertas, pasillos, escaleras y salidas de los locales, durante todo el tiempo que permanezcan con gente. Deberá ser alimentado, al menos por dos suministros, sean ellos normal, complementario o procedente de fuente propia de energía eléctrica.

Deberá proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.

Cuando el suministro habitual del alumbrado de señalización baje a menos del 70% de su valor nominal, la alimentación del alumbrado de señalización pasará automáticamente al segundo suministro.

Cuando los locales o dependencias que deban iluminarse con este alumbrado, coincidan con los que necesitan alumbrado de emergencia, los puntos de luz de ambos podrán ser los mismos.

##### **4.10.3. Locales con alumbrados especiales**

- Con alumbrado de emergencia:

Todos los locales de reunión que puedan albergar 300 personas o más, los, locales de espectáculos y los establecimientos sanitarios.

- Con alumbrado de señalización:

Estacionamientos subterráneos de vehículos, teatros, cines en sala oscura, grandes establecimientos sanitarios y cualquier otro local donde puedan producirse aglomeraciones de público en horas o lugares en los que la iluminación natural de luz solar no sea suficiente para proporcionar en el eje de los pasos principales una iluminación mínima de 1 lux.





#### **4.10.4. Fuentes propias de energía**

La fuente propia de energía estará constituida por baterías de acumuladores o aparatos autónomos automáticos o grupos electrógenos; la puesta en funcionamiento de unos y otros se producirá al producirse la falta de tensión en los circuitos alimentados por los diferentes suministros procedentes de la empresa o empresas distribuidoras de la energía eléctrica, o cuando aquella tensión descienda por debajo del 70% de la tensión nominal.

La fuente propia de energía en ningún caso podrá estar constituida por baterías de pilas.

La capacidad mínima de esta fuente propia de energía será como norma general, la precisa para proveer al alumbrado de emergencia en las condiciones señaladas en el 2.1 de esta instrucción.

#### **4.10.5. Instrucciones complementarias**

Las líneas que alimentan directamente los circuitos individuales de las lámparas de alumbrados especiales estarán protegidas por interruptores automáticos con una intensidad nominal de 10 amperios como máximo. Una misma línea no puede alimentar más de 12 puntos de luz, o si en el local existen varios puntos de luz estos deberán ser alimentados por, al menos, dos líneas diferentes, aunque su número sea inferior a 12.

### **4.11. Local**

#### **4.11.1. Prescripciones de carácter general**

Las instalaciones en los locales en los que afecten las presentes prescripciones cumplirán las condiciones de carácter general que a continuación se señalan, así como para determinados locales, las complementarias que más adelante se fijan.

- Será necesario disponer de una acometida individual, siempre que el conjunto de las dependencias del local considerado constituya un edificio independiente, o igualmente en el caso en que existan varios locales o viviendas en el mismo edificio y la potencia instalada en el local de pública concurrencia lo justifique.
- El cuadro general de distribución deberá colocarse en el punto más próximo posible a la entrada de la acometida o de la derivación individual y se colocara junto o sobre él, el dispositivo de mando y protección preceptivo, según la instrucción ITC BT 16. Cuando no sea posible la instalación del cuadro general en este punto, se instalará, de todas formas, en dicho punto, un dispositivo de mando y protección. Del citado cuadro general saldrán las líneas que alimentan directamente a los receptores o bien las líneas generales de distribución a las que se conectarán mediante cajas o a través de cuadros secundarios de distribución los distintos circuitos alimentadores. Los aparatos receptores que consuman mas de 15 A se alimentará directamente desde el cuadro general o desde los secundarios.
- El cuadro general de distribución, e igualmente los secundarios, se instalaran en los locales o recintos a los que no tenga acceso el público y que estarán separados de los locales donde exista un peligro acusado de incendio o de pánico, por medio de elementos a prueba de incendios y puertas no propagadoras del fuego. Los contadores podrán instalarse en otro lugar, de acuerdo con la empresa distribuidora de energía





- eléctrica y siempre antes del cuadro general.
- En el cuadro general de distribución o en los secundarios se dispondrán dispositivos de mando y protección para cada una de las líneas generales de distribución, y las de alimentación directa a los receptores. Cerca de cada uno de los interruptores de los cuadros se colocará una placa indicadora del circuito al que pertenezcan.
- Las canalizaciones estarán constituidas por:
  - Conductores aisladores, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, colocados bajo tubos protectores, de tipo no propagador de llama, preferentemente empotrados, en especial en las zonas accesibles al público.
  - Conductores aislados, de tensión nominal de aislamiento no inferior a 750 V, con cubierta de protección, colocados en huecos de construcción, totalmente contruidos en materiales incombustibles.
  - Conductores rígidos, aislados de tensión nominal no inferior a 1000 V, armados colocados directamente sobre las paredes.
- Se adoptarán las disposiciones convenientes para que las instalaciones no puedan ser alimentadas simultáneamente por dos fuentes de alimentación independientes entre si.

#### 4.12. Corrección del factor de potencia

Las instalaciones que suministren energía a receptores de los que resulte un factor de potencia inferior a 0,90 deberán ser compensándolas, sin que en ningún momento la energía absorbida por la red pueda ser capacitiva.

La compensación del factor de potencia podrá hacerse por una de las dos formas siguientes:

- Por cada receptor o grupo de receptores que funcionen por medio de un solo interruptor; es decir funcionen simultáneamente.
- Para la totalidad de la instalación. En este caso, la instalación de compensación ha de estar dispuesta para que, de forma automática, asegure que la variación del factor de potencia no sea superior de un 10% del valor medio obtenido en un prolongado periodo de funcionamiento.

Cuando se instalen condensadores y la conexión de estos con los receptores pueda ser cortada por medio de interruptores, estarán provistos aquellos de resistencias o reactancias de descargas a tierra.

#### 4.13. Puestas a tierra

##### 4.13.1. Objeto de la puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen con el objetivo principal de limitar la tensión que con respecto a tierra pueden presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en el material utilizado.

##### 4.13.2. Definición

La denominación “puesta a tierra”, comprende toda ligazón metálica directa, sin fusibles ni protección alguna de sección suficiente entre determinados elementos o partes de una instalación y un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo, con objeto de conseguir que el conjunto de instalaciones, no existan



diferencias de potencial peligrosas y que al mismo tiempo permita el paso a tierra de las corrientes de falta o de descarga de origen atmosférico.

#### 4.13.3. Partes que corresponden a las puestas a tierra

- Toma de tierra:

Las tomas de tierra están constituidas por los siguientes elementos:

- Electrodo: Es una masa metálica, permanente en contacto con el terreno, para facilitar el paso de las corrientes de defecto que puedan producirse o la carga eléctrica que tenga o pueda tener hasta el terreno.
- Línea de enlace con tierra: Está formada por los conductores que unen el electrodo o conjunto de electrodos con el punto de puesta a tierra.
- Punto de puesta a tierra: Es un punto situado fuera del suelo que sirve de unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

Las instalaciones que lo precisen dispondrán de un número suficiente de puntos de puesta a tierra, convenientemente distribuidos, que estarán conectados al mismo electrodo o conjunto de electrodos.

El punto de puesta a tierra estará constituido por un dispositivo de conexión que ermita la unión entre los conductores de las líneas de enlace y principal de tierra, de forma que pueda, mediante útiles apropiados separarse estas, con el fin de poder realizar la medida de resistencia a tierra.

- Líneas principales de tierra:

Estarán formadas por conductores que partirán del punto de puesta a tierra y a las cuales estarán conectadas las derivaciones necesarias para la puesta a tierra de las masas generalmente a través de los conductores de protección.

- Derivaciones de las líneas principales de tierra:

Estarán constituidas por conductores que unirán la línea principal de tierra con los conductores de protección o directamente con las masas.

- Conductores de protección:

Sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de puesta a tierra, los conductores de protección unirán las masas a la línea principal de tierra.

En otros casos, reciben igualmente el nombre de conductores de protección aquellos que tienen las masas.

- Al neutro de red.
- A otras masas.
- A elementos metálicos distintos de las masas.
- A un relé de protección.



Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse en serie ni masas ni elementos metálicos, cualquiera que sean estos. Siempre la conexión de las masas y los elementos metálicos al circuito de puesta a tierra se efectuará por derivaciones desde este.

Se considera independiente una toma de tierra respecto a otra cuando una de las tomas a tierra no alcance, respecto de un punto de potencial cero, una tensión superior a 50V cuando la otra toma disipa la máxima corriente de tierra prevista.

#### **4.13.4. Electrodo, naturaleza, construcción, dimensiones**

Los electrodos pueden ser artificiales o naturales. Se entiende por electrodos artificiales los establecidos con el exclusivo objetivo de obtener la puesta a tierra, y por electrodos naturales las masas metálicas que puedan existir enterradas. Para la puesta a tierra se emplearán principalmente electrodos artificiales. No obstante, los electrodos naturales que existieran en la zona de una instalación y que presenten y aseguren un buen contacto permanente con el terreno puedan utilizarse bien solos o conjuntamente con otros electrodos artificiales. En general, se puede prescindir de estos cuando su instalación presente requisitos anteriormente señalados, con sección suficiente y la resistencia de tierra que se obtenga con los mismos, presente un valor adecuado.

- Picas verticales:

Las picas verticales podrán estar constituidas por:

- Tubos de acero galvanizado de 25mm de diámetro exterior, como mínimo.
- Barras de acero o de cobre de 14mm de diámetro, como mínimo; las barras de acero tienen que estar recubiertas de una capa protectora exterior de cobre de espesor apropiado.
- Perfiles de acero dulce galvanizado de 60mm de lado, como mínimo.

Las longitudes mínimas de estos electrodos no serán inferiores a 2 metros si son necesarias dos picas conectadas en paralelo con el fin de conseguir una resistencia de tierra admisible, la separación entre ellas es recomendable que sea igual, al menos a la longitud enterrada de las mismas; si son necesarias varias picas conectadas en paralelo, la separación entre ellas deberá ser mayor que en el caso anterior.

#### **4.13.5. Resistencia de tierra**

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia a tierra en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella en cada caso.

Este valor de resistencia a tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24V en local o emplazamiento conductor.
- 50V en los demás casos.

La resistencia de tierra de un electrodo depende de sus dimensiones, de su forma y de la resistividad del terreno en que se establece. Esta resistividad varía frecuentemente de un punto a otro del terreno y varía también con la profundidad.



Bien entendido que los cálculos realizados a partir de estos valores no dan más que un valor muy aproximado de la resistencia de tierra del electrodo.

#### **4.13.6. Características y condiciones de instalación de las líneas de enlace con tierra, de las líneas principales de tierra y sus derivaciones**

Los conductores que constituyen las líneas de enlace con tierra, las líneas principales de tierra y sus derivaciones serán de cobre o de otro metal de alto punto de fusión y su sección debe ser ampliamente dimensionada de tal forma que cumpla las condiciones siguientes:

- a. La máxima corriente de falta que pueda producirse en cualquier punto de la instalación no debe originar en el conductor una temperatura cercana a la de fusión, ni poner en peligro los empalmes o conexiones en el tiempo máximo previsible de la duración de la falta, el cual sólo podrá ser considerado como menor de dos segundos en los casos justificados por las características de los dispositivos de corte utilizados.
- b. De cualquier forma los conductores no podrán ser, en ningún caso, de menos de  $16 \text{ mm}^2$  de sección para las líneas principales de tierra ni de  $35 \text{ mm}^2$  para las líneas de enlace con tierra, si son de cobre. Para otros metales o combinaciones de ellos, la sección mínima será aquella que tenga la misma conductancia que un cable de cobre de  $16 \text{ mm}^2$  o  $35 \text{ mm}^2$ , según el caso.

Para las derivaciones de las líneas principales de tierra, las secciones mínimas serán las que se indican en la instrucción ITC BT 18 para los conductores de protección.

Los conductores de enlace con tierra desnudos enterrados en el suelo se considerarán que forman parte del electrodo.

Si en una instalación existen tomas de tierra independientes, se mantendrá entre los conductores de tierra un aislamiento apropiado a las tensiones susceptibles de aparecer entre estos electrodos en caso de falta.

El recorrido de los conductores de la línea principal de tierra, sus derivaciones y los conductores de protección será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No estarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico. Además los conductores de protección cumplirán con lo establecido en la instrucción ITC BT 18.

Los conductores de los circuitos de tierra tendrán un buen contacto eléctrico tanto con las partes metálicas y masa que se deseen poner a tierra como con el electrodo. A estos efectos se dispone que las conexiones de los conductores de los circuitos de tierra con las partes metálicas y con los electrodos se efectúen con todo cuidado por medio de piezas de empalme adecuadas, asegurando las superficies de contacto de forma que la conexión sea efectiva por medio de tornillos, elementos de compresión, remaches o soldadura de alto punto de fusión tales como estaño, plata, etc.

Los contactos deben disponerse limpios, sin humedad y en forma tal que no sea fácil que la acción del tiempo destruya por efectos electroquímicas las conexiones efectuadas. A este fin, y procurando siempre que las resistencia de los contactos no sea elevada, se protegerán estos de forma adecuada con envolventes o pastas, si ello se estimase conveniente.

Se prohíbe intercalar en los circuitos de tierra seccionadores, fusibles o interruptores. Sólo se permite disponer de un dispositivo de corte en los puntos de puesta a tierra, de forma que permita medir la resistencia de la toma a tierra.



#### **4.13.7. Separación entre las tomas de tierra de las masas, de las instalaciones de utilización y de las masas de un centro de transformación**

Se verificará que las masas puestas a tierra en una instalación de utilización, así como los conductores de protección asociados a estas masas o a los relés de protección de masas, no estarán unidas a la toma de tierra de las masas de un centro de transformación. Si no se hace el control mediante la medida efectuada entre las tomas de tierra de las masas de la instalación de utilización y de las masas del centro de transformación, se considera que las tomas de tierra son eléctricamente independientes cuando se cumplan todas y cada una de las condiciones siguientes:

- a. No existe canalización metálica conductora (cubierta metálica de cable no aislada especialmente, canalizaciones de agua, gas, etc.) que una la zona de tierra del centro de transformación con la zona donde se encuentran los aparatos de utilización.
- b. La distancia entre las tomas de tierra del centro de transformación y las tomas de tierra de otros elementos conductores enterrados en los locales de utilización es de al menos 15 m para terrenos cuya resistividad no sea elevada ( $100 \Omega \cdot m$ ). cuando el terreno sea mal conductor esta distancia será aumentada.
- c. El centro de transformación está situado en un recinto aislado de los locales de utilización, o bien si está establecido de tal forma que sus elementos metálicos no estén unidos eléctricamente a los elementos metálicos constructivos de los locales de utilización.

#### **4.13.8. Revisión de las tomas de tierra**

Por la importancia que ofrece, desde el punto de vista de la seguridad, cualquier instalación de toma de tierra deberá ser obligatoriamente comprobada por los servicios oficiales en el momento de dar de alta la instalación para el funcionamiento.

Personal técnicamente competente efectuará esta comprobación anualmente en la época en que el terreno esté mas seco. Para ello se medirá la resistencia de tierra, reparando inmediatamente los defectos que se encuentren. En los lugares en que el terreno no sea favorable a la buena conservación de los electrodos, estos, así como también los conductores de enlace entre ellos hasta el punto de puesta a tierra se pondrán al descubierto para su examen, al menos una vez cada cinco años.

**Fdo.: Eduardo Garcia Garcia**

**Pamplona, Febrero 2012**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y  
CENTRO DE TRASFORMACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL”

DOCUMENTO: 5. PRESUPUESTO

Alumno: Eduardo Garcia Garcia

Tutora: Amaia Pérez Ezkurdia

Pamplona, 23 de Febrero de 2012



## **INDICE**

<b><u>PRESUPUESTO</u></b>	<b><u>PÁGINA</u></b>
	2
<b>5.1. CAPÍTULO 1: LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN</b>	
5.1.1. Línea general de alimentación	2
<b>5.2. CAPITULO 2: PROTECCIONES</b>	2
5.2.1. Cuadro general de distribución	2
5.2.2. Cuadro zona cargador de baterías	4
5.2.3. Cuadro alumbrado exterior	5
5.2.4. Cuadro auxiliar 1	5
5.2.5. Cuadro auxiliar 2	7
5.2.6. Cuadro auxiliar 3	8
5.2.7. Cuadro auxiliar 4	9
5.2.8. Cuadro auxiliar 5	11
5.2.9. Cuadro auxiliar 6	12
5.2.10. Cuadro auxiliar 7	13
5.2.11. Tabla resumen	15
<b>5.3. CAPITULO 3: CONDUCTORES Y CANALIZACIONES</b>	15
5.3.1. Conductores	15
5.3.2. Tubos	16
5.3.3. Bandejas	17
5.3.4. Tabla resumen	17
<b>5.4. CAPITULO 4: PUESTA A TIERRA</b>	17
<b>5.5. CAPITULO 5: EQUIPOS DE ALUMBRADO</b>	18
5.5.1. Alumbrado interior	18
5.5.2. Alumbrado exterior	18
5.5.3. Alumbrado de emergencia	19
5.5.4. Tabla resumen	19
<b>5.6. CAPITULO 6: ELEMENTOS VARIOS</b>	19
5.6.1. Tomas de corriente, bases, interruptores	19
<b>5.7. CAPITULO 7: COMPENSACION DE ENERGIA REACTIVA</b>	20
5.7.1. Batería de condensadores	20
<b>5.8. CAPITULO 8: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN</b>	20
5.8.1. Obra civil	20
5.8.2. Caseta del centro	20
5.8.3. Transformador de potencia	20
5.8.4. Aparamenta de media tensión	21
5.8.5. Equipo de baja tensión	21
5.8.6. Puesta a tierra del centro	22
5.8.7. Tabla resumen	23
<b>5.9. CAPITULO 9: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD</b>	23
<b>5.10. CAPITULO 10: RESUMEN TOTAL DEL PRESUPUESTO</b>	24





## **PRESUPUESTO**

### **5.1. CAPÍTULO 1: LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN**

#### **5.1.1. Línea general de alimentación**

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.1.1.1	Metros de conductor de cobre RV-K 0,6/1 kV de 240 mm <sup>2</sup> , de General cable.	600	83,566	50139,6
5.1.1.2	Metros de conductor de cobre RV-K 0,6/1 kV de 120 mm <sup>2</sup> , de General cable.	100	51,324	5132,4
5.1.1.3	Metros de tubo de PVC corrugado de doble pared, de 300 mm de diámetro, de 2,2 mm de espesor, liso por el interior, color rojo FU 15 R de resistencia al aplastamiento 450 N.	200	5,25	1050
5.1.1.4	Zanja sobre tierra de 40x80 cm. Con arena lavada debajo del tubo y relleno de tierra excavada.	50	4,15	207,5
5.1.1.5.	Arqueta troncopiramidal de 1x1 m <sup>2</sup> de base y 1 m de profundidad. El cierre será con marco y tapa de fundición 0,60x0,60 m <sup>2</sup> .	1	155	155
5.1.1.6	Mano de obra. Incluso elementos y medios auxiliares necesarios para su montaje. Totalmente instalado.	20	20,5	410
<b>SUBTOTAL</b>				<b>57094,5</b>
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### **5.2. CAPITULO 2: PROTECCIONES**

#### **5.2.1. Cuadro general de distribución**

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.2.1.1	Armario Merlin Gerin, modelo prisma plus, de medidas 1530x595x250 mm. Incluyendo todos los complementos necesarios.	1	152,24	152,24
5.2.1.2	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 1600 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	3760,09	3760,09
5.2.1.3	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 125 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	2	754,27	1508,54
5.2.1.4	Interruptor automático diferencial de la	2	648,24	1296,48



	marca Merlin Gerin. Calibre: 125 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P			
5.2.1.5	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 400 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	2	1532,64	3065,28
5.2.1.6	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 400 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	2	1440,68	2881,36
5.2.1.7	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 630 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	3	1846,01	5538,03
5.2.1.8	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 630 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	3	1735,24	5205,72
5.2.1.9	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 100 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	726,12	726,12
5.2.1.10	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 100 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	1	658,44	658,44
5.2.1.11	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 800 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	2178,46	2178,46
5.2.1.12	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 800 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	1	2047,75	2047,75
5.2.1.13	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 160 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	945,06	945,06



5.2.1.14	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 160 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	1	869,46	869,46
5.2.1.15	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalado y conesionado.	70	17	1190
SUBTOTAL				32023,03
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.2.2. Cuadro zona cargador de baterías

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.2.2.1	Armario cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm. Incluyendo todos los complementos necesarios.	1	215,73	215,73
5.2.2.2	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 100 A Poder de corte: 4,5kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	327,21	327,21
5.2.2.3	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Poder de corte: 4,5kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	89,95	89,95
5.2.2.4	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 4P	1	120,5	120,5
5.2.2.5	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Poder de corte: 4,5kA Nº de polos: I+N Curva: C	1	39,9	39,9
5.2.2.6	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 2P	1	21,6	21,6
5.2.2.7	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 80 A Poder de corte: 4,5kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	128,31	128,31



5.2.2.8	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 80 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	1	280,35	280,35
5.2.2.9	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados y conexicionados.	70	17	1190
SUBTOTAL				2413,55
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.2.3. Cuadro alumbrado exterior

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.2.3.1	Armario cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm. Incluyendo todos los complementos necesarios.	1	215,73	215,73
5.2.3.2	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 100 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	726,12	726,12
5.2.3.3	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 50 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	3	270,37	811,11
5.2.3.4	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 50 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 4P	3	290,43	871,29
5.2.3.5	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados y conexicionados.	70	17	1190
SUBTOTAL				3814,25
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.2.4. Cuadro auxiliar 1

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.2.4.1	Armario cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm. Incluyendo todos los complementos necesarios.	1	215,73	215,73
5.2.4.2	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 250 A Poder de corte: 6kA	1	925,42	925,42



	Nº de polos: III+N Curva: C			
5.2.4.3	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 63 A Poder de corte: 6kA Nº de polos: III+N Curva: C	3	331,56	994,68
5.2.4.4	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 63 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	3	226,96	680,88
5.2.4.5	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 32 A Poder de corte: 6 kA Nº de polos: III+N Curva: C	3	126,65	379,95
5.2.4.6	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 32 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 4P	3	424,69	1274,07
5.2.4.7	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 10 A Poder de corte: 6kA Nº de polos: I+N Curva: C	2	51,96	103,92
5.2.4.8	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 2P	2	112,5	225
5.2.4.9	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 25 A Poder de corte: 6kA Nº de polos: I+N Curva: C	1	68,27	68,27
5.2.4.10	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 25 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 2P	1	63,97	63,97
5.2.4.11	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Poder de corte: 6kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	114,04	114,04
5.2.4.12	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin Calibre: 20 A Sensibilidad: 300 mA	1	170,37	170,37



	Nº de polos: 4P			
5.2.4.13	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Poder de corte: 6kA Nº de polos: I+N Curva: C	2	54,42	108,84
5.2.4.14	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin Calibre: 20 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 2P	2	161,49	322,98
5.2.4.15	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados y conexiados.	70	17	1190
SUBTOTAL				6838,12
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.2.5. Cuadro auxiliar 2

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.2.5.1	Armario cofre Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm. Incluyendo todos los complementos necesarios.	1	215,73	215,73
5.2.5.2	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 250 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	1195,32	1195,32
5.2.5.3	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 63 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	3	180,21	540,63
5.2.5.4	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 63 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	3	226,96	680,88
5.2.5.5	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 32 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: III+N Curva: C	3	152,65	457,95
5.2.5.6	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 32 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 4P	3	220,55	661,65
5.2.5.7	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin.	2	125,31	250,62



	Calibre: 10 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: I+N Curva: C			
5.2.5.8	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 2P	2	115,30	230,6
5.2.5.9	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 25 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: I+N Curva: C	1	142,5	142,5
5.2.5.10	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 25 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 2P	1	174,63	174,63
5.2.5.11	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	141,21	141,21
5.2.5.12	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin Calibre: 20 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	1	170,37	170,37
5.2.5.13	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados y conexicionados.	70	17	1190
SUBTOTAL				6052,09
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.2.6. Cuadro auxiliar 3

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.2.6.1	Armario cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm. Incluyendo todos los complementos necesarios.	1	215,73	215,73
5.2.6.2	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 400 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	1532,64	1532,64
5.2.6.3	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 50 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N	6	270,29	1621,74





	Curva: C			
5.2.6.4	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 50 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 4P	6	290,43	1742,58
5.2.6.5	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 10 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: I+N Curva: C	6	125,31	751,86
5.2.6.6	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 2P	6	115,3	691,8
5.2.6.7	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 32 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: I+N Curva: C	1	145,39	145,39
5.2.6.8	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin Calibre: 32 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 2P	1	190,44	190,44
5.2.6.9	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 32 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: III+N Curva: C	2	152,65	305,3
5.2.6.10	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin Calibre: 32 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	2	223,55	447,1
5.2.6.11	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados y conexonados.	70	17	1190
SUBTOTAL				8834,58
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

#### 5.2.7. Cuadro auxiliar 4

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.2.7.1	Armario cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm. Incluyendo todos los complementos necesarios.	1	215,73	215,73
5.2.7.2	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 400 A	1	975,73	975,73



	Poder de corte: 10kA Nº de polos: III+N Curva: C			
5.2.7.3	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 50 A Poder de corte: 10kA Nº de polos: III+N Curva: C	6	152,52	915,12
5.2.7.4	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 50 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 4P	6	502,96	3017,76
5.2.7.5	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 10 A Poder de corte: 10kA Nº de polos: I+N Curva: C	6	51,25	307,5
5.2.7.6	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 2P	6	181,84	1091,04
5.2.7.7	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 32 A Poder de corte: 10 kA Nº de polos: I+N Curva: C	1	57,99	57,99
5.2.7.8	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin Calibre: 32 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 2P	1	205,19	205,19
5.2.7.9	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 32 A Poder de corte: 10 kA Nº de polos: III+N Curva: C	2	136,78	273,56
5.2.7.10	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin Calibre: 32 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	2	386,73	773,46
5.2.7.11	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados y conexionados.	70	17	1190
SUBTOTAL				9023,08
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

**5.2.8. Cuadro auxiliar 5**

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.2.8.1	Armario cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm. Incluyendo todos los complementos necesarios.	1	215,73	215,73
5.2.8.2	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 80 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	260,03	260,03
5.2.8.3	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: III+N Curva: C	3	138,12	414,36
5.2.8.4	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 4P	3	150,5	451,5
5.2.8.5	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 10 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: I+N Curva: C	2	125,31	250,62
5.2.8.6	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 2P	2	115,3	230,6
5.2.8.7	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: I+N Curva: C	2	128,42	256,84
5.2.8.8	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 2P	2	180,44	360,88
5.2.8.9	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: I+N Curva: C	1	131,21	131,21
5.2.8.10	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A	1	161,49	161,49



	Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 2P			
5.2.8.11	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	141,21	141,21
5.2.8.12	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	1	170,37	170,37
5.2.8.13	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados y conexiónados.	70	17	1190
SUBTOTAL				4234,84
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.2.9. Cuadro auxiliar 6

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.2.9.1	Armario cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm. Incluyendo todos los complementos necesarios.	1	215,73	215,73
5.2.9.2	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 700 A Poder de corte: 22kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	1902,58	1902,58
5.2.9.3	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	138,12	138,12
5.2.9.4	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 4P	1	150,5	150,5
5.2.9.5	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 10 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: I+N Curva: C	1	125,31	125,31
5.2.9.6	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 2P	1	115,3	115,3
5.2.9.7	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin.	1	128,42	128,42



	Calibre: 16 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: I+N Curva: C			
5.2.9.8	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 2P	1	180,44	180,44
5.2.9.9	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	141,21	141,21
5.2.9.10	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	1	170,37	170,37
5.2.9.11	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 630 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	1846,01	1846,01
5.2.9.12	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 630 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	1	2030,61	2030,61
5.2.9.13	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados y conexiados.	70	17	1190
SUBTOTAL				8334,6
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

#### 5.2.10. Cuadro auxiliar 7

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.2.10.1	Armario cofret Merlin Gerin, de medidas 450x550x148 mm. Incluyendo todos los complementos necesarios.	1	215,73	215,73
5.2.10.2	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 125 A Poder de corte: 4,5kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	405,47	405,47



5.2.10.3	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 50 A Poder de corte: 4,5 kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	123,45	123,45
5.2.10.4	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 50 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 4P	1	300,6	300,6
5.2.10.5	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin Calibre: 16 A Poder de corte: 4,5 kA Nº de polos: III+N Curva: C	3	89,95	269,85
5.2.10.6	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 4P	2	120,5	241
5.2.10.7	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P	1	115,2	115,2
5.2.10.8	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 10 A Poder de corte: 4,5 kA Nº de polos: I+N Curva: C	2	29,9	59,8
5.2.10.9	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 10 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 2P	2	97,65	195,3
5.2.10.10	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Poder de corte: 4,5 kA Nº de polos: I+N Curva: C	3	39,9	119,7
5.2.10.11	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 2P	3	70,3	210,9
5.2.10.12	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Poder de corte: 4,5 kA Nº de polos: III+N Curva: C	1	89,95	89,95
5.2.10.13	Interruptor automático diferencial de la	1	120,2	120,2



	marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 4P			
5.2.10.14	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Poder de corte: 4,5 kA Nº de polos: I+N Curva: C	1	41,05	41,05
5.2.10.15	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 20 A Sensibilidad: 300 mA Nº de polos: 2P	1	78,3	78,3
5.2.10.16	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados y conexiados.	70	17	1190
SUBTOTAL				3776,5
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.2.11. Tabla resumen

Nº de orden	Descripción	Importe (€)
5.2.1	Cuadro general	32023,03
5.2.2	Cuadro zona cargadores de baterías	2413,55
5.2.3	Cuadro alumbrado exterior	3814,25
5.2.4	Cuadro auxiliar 1	6838,12
5.2.5	Cuadro auxiliar 2	6052,09
5.2.6	Cuadro auxiliar 3	8834,58
5.2.7	Cuadro auxiliar 4	9023,08
5.2.8	Cuadro auxiliar 5	4234,84
5.2.9	Cuadro auxiliar 6	8334,6
5.2.10	Cuadro auxiliar 7	3776,5
SUBTOTAL		85344,64

## 5.3. CAPITULO 3: CONDUCTORES Y CANALIZACIONES

### 5.3.1. Conductores

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.3.1.1	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x185mm <sup>2</sup> Cu	60	65,764	3945,84
5.3.1.2	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x120mm <sup>2</sup> Cu	1140	51,324	58509,36
5.3.1.3	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x95mm <sup>2</sup> Cu	335	35,93	12036,55





5.3.1.4	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x70mm <sup>2</sup> Cu	1310	26,256	34395,36
5.3.1.5	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x50mm <sup>2</sup> Cu	450	18,07	8131,5
5.3.1.6	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x25mm <sup>2</sup> Cu	6150	9,55	58732,5
5.3.1.7	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x16mm <sup>2</sup> Cu	12320	6,332	78010,28
5.3.1.8	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x10mm <sup>2</sup> Cu	5062	4,582	23194,084
5.3.1.9	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x6mm <sup>2</sup> Cu	6239	2,924	18242,836
5.3.1.10	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x4mm <sup>2</sup> Cu	1420	2,21	3138,2
5.3.1.11	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x2,5mm <sup>2</sup> Cu	12246	1,662	20352,852
5.3.1.12	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados y conexiados.	140	24,8	3472
SUBTOTAL				322161,362
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.3.2. Tubos

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.3.2.1	Tubo termoplástico de PVC corrugado de 160 mm de color rojo	520	2,31	1201,2
5.3.2.2	Tubo termoplástico de PVC corrugado de 32 mm de color negro	1065	0,61	649,95
5.3.2.3	Tubo termoplástico de PVC corrugado de 25 mm de color negro	865	0,4	346
5.3.2.4	Tubo termoplástico de PVC rígido de 25 mm de color negro	3960	1,95	7722
5.3.2.5	Tubo termoplástico de PVC rígido de 32 mm de color negro	1125	2,26	2542,5
5.3.2.6	Tubo termoplástico de PVC rígido de 160 mm de color negro	12	3,52	42,24



5.3.2.7	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados.	50	24,8	1240
SUBTOTAL				13743,89
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.3.3. Bandejas

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.3.3.1	Bandeja perforada de 400 mm de ancho y 100 mm de alto, reforzada de chapa de acero galvanizado. Incluso fijaciones, tornillería y otros elementos necesarios para su montaje.	1330	22,57	30018,1
5.3.3.2	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalado.	32	24,8	793,6
SUBTOTAL				30811,7
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.3.4. Tabla resumen

Nº de orden	Descripción	Importe (€)
5.3.1	Conductores	322161,362
5.3.2	Tubos	13743,89
5.3.3	Bandejas	30811,7
SUBTOTAL		366716,952

## 5.4. CAPITULO 4: PUESTA A TIERRA

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad(€)	Importe (€)
5.4.1	Pica de tierra de 2 m de longitud y 20 mm de diámetro.	4	19,29	77,16
5.4.2	Arqueta de registro de instalación de tierra con tapa de registro Uriarte TR-230, recibida en hormigón HM-20E-40-2B de 25 cm de espesor y 80 cm de profundidad.	4	26,27	105,08
5.4.3	Tierra de protección de la nave realizada en anillo de 235x90 m a 0,8 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup> .	1	3589,75	3589,75
5.4.4	Conexión eléctrica entre cable de tierra y pilares metálicos, de marca Cadwell o similar, con soldadura aluminotecnica.	70	5,48	383,6
5.4.5	Caja de seccionamiento de tierra Uriarte CCST-50 con pletina de seccionamiento y bornes de conexión. Incluidos accesorios.	1	21,63	21,63
5.4.6	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalado.	40	24,8	992
SUBTOTAL				5169,22
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

**5.5. CAPITULO 5: EQUIPOS DE ALUMBRADO****5.5.1. Aluminado interior**

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.5.1.1	PHILIPS cabana HPK150 1xHPI-P400W-BU/745 con P-WB+GPK150 R	443	200	88600
5.5.1.2	PHILIPS MASTER HPI-T PLUS 400W/745 E-40 1SL	443	50	22150
5.5.1.3	PHILIPS TCW 216 2xTL-D 58W IC PI	17	64,38	1094,46
5.5.1.4	PHILIPS MASTER TL-D super 80 58W/840 1SL	34	13,83	470,22
5.5.1.5	PHILIPS IMPALA TBS 160 3xTL-D36W/840 con C3	77	105	8085
5.5.1.6	PHILIPS IMPALA TBS 160 2xTL-D36W/840 con C3	1	100	100
5.5.1.7	PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL	233	10,68	2488,44
5.5.1.8	PHILIPS EUROPA 2 FBS 120x1PL-C/2P 26W/840 con L	17	69,3	1178,1
5.5.1.9	PHILIPS MASTER PL-C 26W/840/2P 1CT	17	6,97	118,49
5.5.1.10	PHILIPS IMPALA TBS 160 4xTL-D 18W/840 con C3	8	120,75	966
5.5.1.11	PHILIPS TCW 216 1xTL-D 18W	33	35	1155
5.5.1.12	PHILIPS MASTER TL-D super 80 18W/840 1SL	65	21,8	1417
5.5.1.13	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalado.	40	24,8	992
<b>SUBTOTAL</b>				<b>128814,71</b>
<b>Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos</b>				

**5.5.2. Aluminado exterior**

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.5.2.1	PHILIPS TEMPO3 RVP351 1xHPI-TP400W/643 CON A/52.50	55	189	10395
5.5.2.2	PHILIPS HPI-T Plus 400W/643 E40 SLV	55	62,99	3464,45
5.5.2.3	Poste de 6 m. Con todos los accesorios necesarios, tornillería. Completamente instalado.	5	3548,57	17742,85
5.5.2.4	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalado.	40	24,8	992
<b>SUBTOTAL</b>				<b>32594,3</b>
<b>Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos</b>				



### 5.5.3. Alumbrado de emergencia

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.5.3.1	Legrand Serie C3 6 W 61510.	77	56,32	4336,64
5.5.3.2	Legrand Serie NFL 61848.	128	61,97	7932,16
5.5.3.3	Carteles de señalización con la palabra "SALIDA"	77	2,29	176,33
5.5.3.4	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalado.	40	24,8	992
SUBTOTAL				13437.13
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.5.4. Tabla resumen

Nº de orden	Descripción	Importe (€)
5.5.1	Alumbrado interior	128814,71
5.5.2	Alumbrado exterior	32594,3
5.5.3	Alumbrado de emergencia	13437.13
SUBTOTAL		174846,14

## 5.6. CAPITULO 6: ELEMENTOS VARIOS

### 5.6.1. Tomas de corriente, bases, interruptores

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.6.1.1	Tomas de corriente monofásicas 16 A (2P+T). Marca: Legrand. IP44 (blanca).	118	4,87	574,66
5.6.1.2	Tomas de corriente monofásicas 16 A (2P+T). Marca: Legrand. IP44 (roja).	16	4,87	77,92
5.6.1.3	Tomas de corriente trifásicas 16 A (4P+T). Marca: Legrand. IP44, (blanca).	29	6,85	198,65
5.6.1.4	Interruptor monofásico. Marca: Legrand.	49	7,1	347,9
5.6.1.5	Subcuadros combinado marca Legrand para el encendido del alumbrado de la nave.	4	95,29	381,16
5.6.1.6	Caja para empotrar en el suelo con cubierta con 2 tomas de corriente de 16 A (blanca) + 1 tomas de corriente SAI de 16 A (roja).	1	48,64	48,64
5.6.1.7	Unidad S.A.I. monofásica de 2kVA. Totalmente instalado, conexionado y programado.	1	335,47	335,47
5.6.1.8	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalados y conexionados.	30	24,8	744
SUBTOTAL				2708,4
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				



## 5.7. CAPITULO 7: COMPENSACION DE ENERGIA REACTIVA

### 5.7.1. Batería de condensadores

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.7.1.1	Batería de compensación automática, 260 kVAr marca Legrand. Incluido conexiónado y puesta en marcha.	1	7421,91	7421,91
5.7.1.2	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalado y conexiónado.	20	24,8	496
SUBTOTAL				7917,91
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

## 5.8. CAPITULO 8: CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

### 5.8.1. Obra civil

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.8.1.1	Preparación y acondicionamiento para la instalación del edificio prefabricado de Ormazabal tipo PFU-5. Dimensiones de excavación: 6,44 m de longitud, 2,5 m de anchura y 0,66 m de profundidad. Colocación de capa de arena de 0,1 m, colocación de tubos de canalización, compactado del hueco perimetral con materiales de la excavación, reposición de pavimento y retirada del sobrante al vertedero. Incluidos accesorios, mano de obra y medios mecánicos necesarios. Completamente instalado.	1	942,09	942,09
SUBTOTAL				942,09
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.8.2. Caseta del centro

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.8.2.1	Caseta tipo PFU-5 de Ormazabal, incluidos transporte, montaje y mano de obra. Completamente instalado.	1	8242,53	8242,53
SUBTOTAL				8242,53
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.8.3. Transformador de potencia

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.8.2.1	Transformador trifásico de 1000kVA 13,2/0,4 kV de la marca Ormazabal. Conexiónado Dyn11. Refrigeración natural.	1	13412,5	13412,5



	Aislamiento: aceite mineral. Incluyendo transporte, montaje y mano de obra. Completamente instalado.			
SUBTOTAL				13412,5
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

#### 5.8.4. Aparata de media tensión

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.8.4.1	CELDA DE LINEA: Celda de llegada o salida de línea, bajo envolvente metálica, de la marca Merlin Gerin, tipo IM-400-24-16, $V_n=24V$ , $I_n=400 A$ . Se incluye en el montaje y la conexión en el precio.	1	1245	1245
5.8.4.2	CELDA DE PROTECCIÓN: Celda con interruptor-fusible asociados a la salida del cable, bajo envolvente metálica, de la marca Merlin Gerin, tipo QM-400-24-16, $V_n=24V$ , $I_n=400 A$ . Se incluye en el montaje y la conexión en el precio.	1	4050	4050
5.8.4.3	CELDA DE MEDIDA: Celda de medida de tensión e intensidad con entrada inferior y salida superior lateral por barras, bajo envolvente metálica, de la marca Merlin Gerin, tipo GBC-A 400-24-16, $V_n=24V$ , $I_n=400 A$ . Se incluye en el montaje y la conexión en el precio.	1	4780	4780
SUBTOTAL				10075
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

#### 5.8.5. Equipo de baja tensión

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.8.5.1	Armario cofre metálico de distribución. Marca Merlin Gerin con puerta metálica. Dimensiones: 310x344x90	1	55,46	55,46
5.8.5.2	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 25 A Poder de corte: 25 kA Nº de polos: I+N Curva: C	1	121,25	121,25
5.8.5.3	Interruptor automático diferencial de la marca Merlin Gerin. Calibre: 25 A Sensibilidad: 30 mA Nº de polos: 4P	1	192,95	192,95
5.8.5.4	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 16 A	1	115,11	115,11



	Poder de corte: 22 kA Nº de polos: I+N Curva: C			
5.8.5.5	Interruptor automático magnetotérmico de la marca Merlin Gerin. Calibre: 6 A Poder de corte: 22 kA Nº de polos: I+N Curva: C	2	117,81	235,62
5.8.5.6	PHILIPS MASTER TL-D super 80 36W/840 1SL	2	10,68	21,36
5.8.5.7	PHILIPS TMS022 2xTL-D 36W/840. Completamente instalada.	1	17,85	17,85
5.8.5.8	Luminarias de emergencia Legrand B65 61561	1	59,84	59,84
5.8.5.9	Tomas de corriente monofásicas 16 A (2P+T). Marca: Legrand. IP44 (blanca). Completamente instalado.	2	4,87	9,74
5.8.5.10	Cable RV-K0,6/1kV Flexible Marca General cable 1x2,5mm <sup>2</sup> Cu. Completamente instalado.	30	1,662	49,86
5.8.5.11	Tubo termoplástico de PVC corrugado de 25 mm de color negro. Completamente instalado.	30	0,4	12
5.8.5.12	Extintor de eficiencia equivalente 89 B de nieve carbónica de 5 Kg.,	1	195,85	195,85
5.8.5.13	Par de guantes aislantes hasta 24 kV y taburete aislante hasta 24 kV.	1	182,22	182,22
5.8.5.14	Placa reglamentaria "peligro de muerte"	3	27,18	81,54
5.8.5.15	Placa de "primeros auxilios"	1	27,18	27,18
5.8.5.16	Placa de "las 5 reglas de oro"	1	27,18	27,18
5.8.5.17	Material aleatorio de la instalación, medios auxiliares y mano de obra. Totalmente instalado.	12	15,2	182,4
SUBTOTAL				1587,41
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				

### 5.8.6. Puesta a tierra del centro

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.8.6.1	Tierra de protección del centro de transformación realizada en anillote 5x3 m a 0,8 m de profundidad con conductor desnudo de cobre de 50 mm <sup>2</sup> y 8 picas de acero recubierto de cobre de 14 mm de diámetro y 4 m de largo. Incluidas arquetas de registro y caja de seccionamiento, soldaduras aluminotécnicas y elementos necesarios para la conexión. Totalmente instalada y conexiónada.	1	1029	1029
5.8.6.2	Tierra de servicio realizada en hilera con 15 m de conductor de cable de cobre desnudo de 50	1	619,5	619,5





mm <sup>2</sup> uniendo 6 picas de 14 mm de diámetro y 2 m de longitud separadas 3 m entre si enterradas a 0,5 m de profundidad, unida al centro de transformación por medio de conductor de cobre de 50 mm <sup>2</sup> RV-K 0,6/1kV. Incluida arqueta y caja de seccionamiento. Incluidos elementos de conexión. Totalmente instalado y conexionado. Completamente instalado.			
SUBTOTAL			1648,5
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos			

### 5.8.7. Tabla resumen

Nº de orden	Descripción	Importe (€)
5.8.1	Obra civil	942,09
5.8.2	Caseta del centro	8242,53
5.8.3	Transformador de potencia	13412,5
5.8.4	Aparamenta de media tensión	10075
5.8.5	Equipo de baja tensión	1587,41
5.8.6	Puesta a tierra del centro de transformación	1648,5
SUBTOTAL		35908,03

## 5.9. CAPITULO 9: EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD

Nº de orden	Descripción	Cantidad	Precio unidad (€)	Importe (€)
5.9.1.1	Casco de seguridad dieléctrico	12	3,73	44,76
5.9.1.2	Calzado de seguridad	12	18,47	221,64
5.9.1.3	Mono de trabajo	12	10	120
5.9.1.4	Gafas de seguridad	12	6,49	77,88
5.9.1.5	Tapones antiruido	24	1,41	33,84
5.9.1.6	Guantes aislantes	24	3,66	87,84
5.9.1.7	Arnés de seguridad	6	54,45	326,7
5.9.1.8	Extintor de polvo químico ABC de eficiencia 34A/233B de 6kg	6	25,78	154,68
5.9.1.9	Placa de señalización en PVC serigrafiada de 50x30 cm	6	4	24
5.9.1.10	Señal de seguridad triangular 70 cm normalizada. Trípode tubular.	6	16	96
5.9.1.11	Chaleco reflectante normalizado	12	13,5	162
5.9.1.12	Cinta de balizamiento bicolor rojo-blanco de material plástico	25	0,62	10,35
5.9.1.13	Lámpara portátil de mano, con cesto protector y mango aislante.	5	3,45	17,25
SUBTOTAL				1376,94
Mano de obra, incluso elementos necesarios para su montaje incluidos				



### 5.10. CAPITULO 10: RESUMEN TOTAL DEL PRESUPUESTO

Nº de orden	Descripción	Importe (€)
CAPITULO 1	LÍNEA GENERAL DE ALIMENTACIÓN	57094,5
CAPITULO 2	PROTECCIONES	85344,64
CAPITULO 3	CONDUCTORES Y CANALIZACIONES	366716,952
CAPITULO 4	PUESTA A TIERRA	5169,22
CAPITULO 5	EQUIPOS DE ALUMBRADO	174846,14
CAPITULO 6	ELEMENTOS VARIOS	2708,4
CAPITULO 7	COMPENSACION DE ENERGIA REACTIVA	7917,91
CAPITULO 8	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	35908,03
CAPITULO 9	EQUIPO DE SEGURIDAD Y SALUD	1376,94
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL</b>		<b>737082,732</b>
GASTOS GENERALES (5%)		36854,14
BENEFICIO INDUSTRIAL (10%)		73708,27
<b>TOTAL PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA</b>		<b>847645,142</b>
REDACCIÓN DEL PROYECTO (4%)		29483,31
DIRECCIÓN DE OBRA (4%)		29483,31
I.V.A. (18%)		163190,12
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>		<b>1069801,88</b>

El presupuesto total asciende a la cantidad de UN MILLÓN SESENTA Y NUEVE MIL OCHOCIENTOS UN EUROS CON OCHENTA Y OCHO CENTIMOS.

**Fdo.: Eduardo Garcia Garcia**

**Pamplona, Febrero 2012**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y  
CENTRO DE TRASFORMACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL”

DOCUMENTO: 6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y  
SALUD

Alumno: Eduardo Garcia Garcia

Tutora: Amaia Pérez Ezkurdia

Pamplona, 23 de Febrero de 2012



## **INDICE**

<b><u>ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD</u></b>	<b><u>PÁGINA</u></b>
6.1. Objetivo del estudio	2
6.2. Descripción del emplazamiento y de la obra	2
6.3. Identificación de los riesgos	2
6.4. Medidas de prevención de los riesgos	3
6.4.1. Protecciones colectivas generales	3
6.4.2. Protección de personas en la instalación eléctrica	4
6.4.3. Aparatos elevadores	5
6.4.4. Protección contra caída de altura de personas u objetos	5
6.4.5. Protección contra contactos eléctricos	6
6.4.5.1. Directos	6
6.4.5.2. Indirectos	6
6.4.6. Normativa a aplicar en las fases de estudio	6
6.4.6.1. Normativa general	6
6.4.6.2. Protecciones personales	7
6.4.6.3. Manipulación manual de cargas	7
6.4.6.4. Manipulación de cargas con grúa	8
6.4.6.5. Disposiciones mínimas de seguridad que deberán aplicarse en obras	8
6.4.6.5.1. Relativas a los lugares de trabajo	8
6.4.6.5.2. Normativa particular de trabajos en redes eléctricas	12
6.4.6.5.3. Normativa particular de cada medio a utilizar	13
6.5. Legislación de aplicación al presente estudio	14



## **ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD**

### **6.1. Objetivo del estudio**

El presente Estudio Básico de Seguridad y Salud se realiza para dar cumplimiento al Real Decreto 1.627/97 de 24 de octubre, por el cual se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, identificando, analizando y estudiando los diferentes riesgos laborales que puedan ser evitados, proporcionando las posibles medidas técnicas para ello. Definiendo la relación de riesgos que no pueden eliminarse, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas para disminuir dichos riesgos.

Así mismo, este estudio de seguridad y salud pretende recordar a las diferentes partes, promotor, contratista, etc., de sus obligaciones en materia de seguridad; comunicar a los diferentes organismos la existencia de esta obra, obtener las licencias necesarias, etc.; con el fin de:

- Evitar accidentes, enfermedades profesionales, etc., en las obras.
- Garantizar las debidas condiciones sanitarias, etc., de los trabajadores.
- Evitar accidentes, molestias, etc., tanto a los trabajadores como a tercero.

### **6.2. Descripción del emplazamiento y de la obra**

- Acceso a la obra: el acceso al será el adecuado, ya que la nave industrial se encuentra en el polígono industrial Miralcampo de Azuqueca de Henares (Guadalajara).
- Edificios colindantes: Los edificios colindantes son otras naves industriales.
- Suministro de energía eléctrica: El suministro de energía eléctrica, lo realizará la empresa suministradora IBERDROLA. El suministro se realizara desde el centro de transformación que se encuentra dentro de la parcela, de propiedad privada.
- Suministro de agua: el suministro se realiza desde el propio polígono industrial.
- Trabajadores empleados: La obra se realizara entre 10 trabajadores.
- Hospital más cercano: Hospital Provincial de Guadalajara.

El contratista acreditara ante la Dirección de obra, la adecuada formación y adiestramiento de todo el personal de la obra en materia de prevención y primeros auxilios.

Así mismo, la Dirección comprobará que existe un plan de emergencia para atención del personal en caso de accidente y que han sido contratados los servicios asistenciales precisos. La dirección y teléfono deberán estar visibles en un lugar estratégico.

Antes de comenzar la jornada, los mandos procederán a planificar los trabajos de acuerdo con el plan, informando a los operarios claramente de las maniobras a realizar, los posibles riesgos y las medidas preventivas y de protección a tener en cuenta, se deberá cerciorar que todos lo han entendido.

### **6.3. Identificación de los riesgos**

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales, lo describe así: "Posibilidad de que un trabajador sufra un daño derivado de su trabajo. La calificación de su gravedad

dependerá de la probabilidad de que se produzca el daño y severidad del mismo”.

Los riesgos son situaciones que puedan romper el equilibrio físico, psíquico y social de los trabajadores. Cabe destacar los siguientes:

- Electrocución. Causas:
  - Utilización de un equipo inadecuado.
  - Utilización incorrecta de los equipos eléctricos.
  - Mantenimiento inadecuado de los equipos eléctricos.
  - Fallo en los sistemas de protección contra contactos directos e indirectos.
  - Deficiente estado del aislamiento de conductores y elementos activos de la instalación provisional de obra.
  - Inadecuada toma de tierra.
- Proyecciones de objetos o fragmentos.
- Aplastamientos.
- Atrapamientos.
- Atropellos o colisiones.
- Caídas de objetos o de máquinas.
- Caídas de personas a distinto nivel.
- Caídas de personas al mismo nivel.
- Cuerpos extraños en los ojos.
- Golpes o cortes con objetos o maquinaria.
- Pisada sobre objetos punzantes.
- Sobreesfuerzos.
- Vuelco de máquinas o camiones.

#### 6.4. Medidas de prevención de los riesgos

##### 6.4.1. Protecciones colectivas generales

El Real Decreto 485/1997, de 14 de Abril por el que se establecen las disposiciones mínimas de carácter general relativas a la señalización de seguridad y salud en el trabajo, indica que deberá utilizarse una señalización de seguridad y salud a fin de:

- Alertar a los trabajadores sobre la existencia de determinados riesgos, prohibiciones u obligaciones.
  - Dar a conocer a los trabajadores cuando se produzca una situación de emergencia que requiera medidas urgentes de protección u evacuación.
  - Dar facilidades a los trabajadores de la localización e identificación de los medios o instalaciones de protección, evacuación y primeros auxilios.
  - Orientar a los trabajadores que ejecuten maniobras peligrosas.
- Tipos de señales:

a) Panel informativo:

Tipos de señales	Formato	Color		
		Fondo	Contraste	Símbolo
Advertencia	Triangular	Amarillo	Negro	Negro
Prohibición	Redondo	Blanco	Rojo	Negro
Obligación	Redondo	Azul	-	Blanco
Incendios	Rectangular	Rojo	-	Blanco
	Cuadrada			
Socorro	Rectangular	Verde	-	Blanco
	Cuadrada			

#### b) Cinta de señalización

En caso de señalizar obstáculos, zona de caída de objetos, caída de personas, choques, golpes, etc., se señalizará con los paneles descritos anteriormente o bien se delimitará la zona de exposición al riesgo con cintas de tela o materiales plásticos con franjas alternadas oblicuas en color amarillo y negro, inclinadas 45º.

#### c) Cintas para delimitar la zona de trabajo

Las zonas de trabajo se delimitarán con cintas de franjas alternas verticales de color rojo y blanco.

- Iluminación

Zonas donde se hagan tareas con exigencia visual mínima:

- Exigencia visual baja: 100 lux.
- Exigencia visual moderada: 200 lux.
- Exigencia visual alta: 500 lux.
- Exigencia visual muy alta: 1000 lux.

Estos niveles mínimos deberán duplicarse cuando un error de apreciación visual en el trabajo, pueda suponer peligro para el trabajador o terceras personas.

Además, deberá cumplirse que:

- Los accesorios de iluminación exterior deberán ser estancos a la humedad.
- Los equipos portátiles de alumbrado eléctrico serán de 24 V.
- Prohibida la utilización de iluminación de llama.

#### 6.4.2. Protección de personas en la instalación eléctrica

La instalación eléctrica esta ajustada al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus hojas de interpretación y certificada por un instalador autorizado.

La instalación estará proyectada, realizada y utilizada de forma que no entrañe peligro de explosión ni de incendio y de modo que las personas estén protegidas contra los riesgos de electrocución por contacto directo o indirecto.

La elección de los materiales y de los dispositivos de protección y la realización del proyecto deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la competencia de personas que tengan acceso a la instalación.

Los cables serán adecuados a la carga que han de soportar, conectados a las bases mediante clavijas normalizadas, blindados y conexiónados con uniones para soportar la humedad y posibles choques.

Los fusibles serán blindados y calibrados para soportar la máxima carga de los interruptores.

Continuidad de la toma de tierra en las líneas de suministro interno de obra con una resistencia máxima de 80 ohmios. Las máquinas estancas tendrán toma de tierra independiente.

Las tomas de corriente estarán dotadas de conductor de toma de tierra y estarán blindadas.

Los circuitos de suministro a las máquinas e instalaciones de alumbrado dispondrán de fusibles blindados o interruptores magnetotérmicos y disyuntores diferenciales de alta sensibilidad en perfecto estado de funcionamiento.

Distancia de seguridad a línea de Alta Tensión:  $3,3 \text{ metros} + \frac{\text{Tensión (en kV)}}{100}$ . Si se desconoce el voltaje de la línea se mantendrá una distancia de seguridad de 5 metros.

Cuando el trabajo se realicen en condiciones de humedad extrema será preceptivo el uso de transformadores portátiles de seguridad (de 24 V) o protección



mediante transformador de separación de circuitos.

### 6.4.3. Aparatos elevadores

Deberán ajustarse a su normativa específica, (artículo 6C del Anexo IV del R.D. 1627/97):

- Todos sus accesorios serán de buen diseño y calidad en su construcción, teniendo resistencia y durabilidad para el trabajo a realizar.
- Deberán instalarse y utilizarse correctamente.
- Mantenerse en perfecto estado de funcionamiento.
- Ser manejados por trabajadores cualificados que hayan recibido formación a tal efecto.
- Visiblemente indicaran sobre la carga máxima que pueden soportar.
- No podrán utilizarse para trabajos diferentes de los que estén destinados.

Durante la utilización para garantizar la seguridad y salud deberán comprobarse los siguientes sistemas preventivos:

- Seguridad de carga máxima: Es el sistema de protección que impide trabajar con cargas superiores a las máximas admitidas por el cabestrante de elevación.  
Normalmente van montadas en pié de flecha o contra flecha y están formadas por arandelas tipo “Schnorr”, accionadas por el tiro del cable de elevación. Al deformarse las arandelas, accionan un micro interruptor que impide la elevación de la carga. Se regulan de forma que con la carga nominal no corten y lo hagan netamente, al sobrepasar esta carga nominal como máximo en un 10%.
- Seguridad de final de recorrido de gancho de elevación: Consiste en dos microrruptores que impiden la elevación del gancho cuando éste se encuentra en las cercanías del carro y el descenso del mismo por debajo de la cota elegida como inferior (cota cero). De esta forma, se impiden las falsas maniobras de choque del gancho contra el carro y el aflojamiento del cable de elevación por posar el gancho en el suelo.
- El gruista de iniciar los trabajos comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera, frenos y velocidades, así como de los licitadores de giro, si los tuviera.
- Si durante el funcionamiento de la grúa se observara que los movimientos de la grúa no se corresponden con las órdenes del gruista, se cancela el trabajo se pondrá en conocimiento inmediato de la Dirección de obra o al Coordinador de Seguridad y Salud.
- No pasar las cargas por encima de las personas.

### 6.4.4. Protección contra caída de altura de personas u objetos

El riesgo de caída de altura de personas (precipitación, caída al vacío) es contemplado por el Anexo II del R.D. 1627/97 de 24 de Octubre de 1997 como riesgo especial para la seguridad y salud de los trabajadores, por ello, de acuerdo con los artículos 5.6 y 6.2 del mencionado Real Decreto se adjuntan las especificaciones adecuadas.

- Escaleras portátiles

Tendrán la resistencia y las zapatas de apoyo y sujeción necesarios para que su utilización no suponga riesgo de caída, por rotura o desplazamiento de las mismas. Las escaleras que tengan que utilizarse en obra habrán de ser de aluminio o hierro, y si no hay posibilidad se utilizarán de madera, con los peldaños ensamblados. Tendrán que tener zapatas, sujetas en la parte superior y sobrepasarán en un metro el punto de apoyo superior. A su utilización se elegirá el tipo de escalera, en función de la tarea a la que está destinada y se asegurará su estabilidad. No se emplearán escaleras cortas o

largas, ni empalmadas.

- Andamios

Los materiales que los formen deberán tener una buena protección contra la corrosión atmosférica debiendo, igualmente, estar exentos de anomalías que puedan afectar su comportamiento en su utilización. Los elementos de construcción soldados deben ser de acero reposado. Los dispositivos de unión entre elementos desmontables deben ser fáciles de comprobar. Deben permitir un fácil montaje y bloqueo con el fin de ofrecer una total seguridad, que impida cualquier desunión accidental de sus elementos. La resistencia de las bases debe ser adecuada para soportar la carga prevista en el cálculo del andamio, desde este hasta su nivel de apoyo. La pieza de apoyo de cada base debe tener un espesor mínimo igual a 5 mm y la superficie de contacto con su plano de apoyo debe ser como mínimo de 150 mm<sup>2</sup>. La anchura mínima debe ser de 120 mm.

#### **6.4.5. Protección contra contactos eléctricos**

##### **6.4.5.1. Directos**

Los cables eléctricos que presenten defectos de recubrimiento aislante habrán de ser reparados o cambiados para evitar contactos eléctricos con los conductores. Los cables tendrán las clavijas en perfecto estado a fin de que la conexión a los enchufes se haga correctamente. En general se cumplirá lo especificado en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

##### **6.4.5.2. Indirectos**

Esta protección consiste en conectar a tierra las masas de la maquinaria eléctrica, conectando a un dispositivo diferencial. El valor de la resistencia a tierra será tan bajo como sea posible y como máximo será igual al cociente de dividir la tensión de seguridad, que en locales secos será de 50 V y en locales húmedos de 24 V, por la sensibilidad del diferencial.

#### **6.4.6. Normativa a aplicar en las fases de estudio**

##### **6.4.6.1. Normativa general**

Exige el R.D. 1627/97 de 24 de octubre la realización de este estudio de seguridad y salud que debe contener una descripción de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando a tal efecto las medidas preventivas adecuadas; relación de aquellos otros que no se puede evitar conforme a los anteriormente señalado, indicando las protecciones técnicas para reducir los riesgos y las medidas preventivas que lo controlen.

Se tendrá en cuenta, la topología y característica de los materiales y elementos que hayan de usarse, determinación del proceso constructivo y orden de ejecución de los trabajos. Tal es lo que se manifiesta en el proyecto de obra al que acompaña este estudio de seguridad y salud.

Sobre la base de lo establecido en este estudio, se elaborará el correspondiente Plan de Seguridad y Salud en el Trabajo (artículo 7 del citado R.D.) por el contratista en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio, en función de su propio sistema de ejecución de la instalación a que se refiere este proyecto. En dicho plan se recogen las propuestas de medidas de prevención alternativas que el contratista crea oportunas siempre que se justifiquen técnicamente y que tales cambios no impliquen la disminución de los niveles de prevención previstos. Dicho plan deberá ser aprobado por el

Coordinador de Seguridad y Salud en la fase de ejecución de las obras (o por la Dirección Facultativa si no fuera precisa la coordinación citada).

A tales personas compete la comprobación a pie de obra, de los siguientes aspectos técnicos previos:

- Revisión de los planos del proyecto de instalación.
- Replanteo.
- Maquinas y herramientas adecuadas.
- Medios de transporte adecuados al proyecto.
- Elementos auxiliares precisos.
- Materiales, fuentes de energía a utilizar.
- Protecciones colectivas necesarias, etc.

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá concretar la posibilidad de determinar alguna de las siguientes alternativas:

- Optimización de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir iniciativas personales y manipulaciones innecesarias en obra.
- Se procurara suprimir operaciones y trabajos que puedan realizarse en taller, eliminando la exposición de los trabajadores a riesgos innecesarios.
- Los trabajos comenzaran, cuando se disponga de todos los materiales y maquina herramienta necesarias para proceder a su asentamiento y zonas de influencia durante los trabajos, así como el radio de actuación de los equipos en condiciones de seguridad para las personas y los trabajadores.
- Se establecerá un plan estratégico para el avance de los trabajos, así como la retirada y acopio de los materiales empleados.
- se revisara la instalación eléctrica y sus componentes comprobando la potencia requerida y el estado de conservación en la que se encuentra.
- Será debidamente cercada la zona en la cual pueda haber peligro de caída de materiales.

#### **6.4.6.2. Protecciones personales**

Cuando los trabajos requieran la utilización de prendas de protección personal, estas llevarán el sello (CE) y serán adecuadas al riesgo que tratan de paliar, ajustándose en todo a lo establecido en el R.D. 773/97 del 30 de Mayo.

En caso de que un trabajador tenga que realizar un trabajo esporádico en alturas superiores a 2 metros, deberá ir provisto de cinturón de seguridad homologado, en vigencia de utilización, con puntos de anclaje previstos en el proyecto y en la planificación de los trabajos, debiendo acreditar la formación suficiente por parte de sus mandos, para ser utilizado correctamente.

#### **6.4.6.3. Manipulación manual de cargas**

No se manipularan manualmente por un solo trabajador más de 25 kg.

Para el levantamiento de una carga es obligatorio lo siguiente:

- Asentar los pies firmemente manteniendo entre ellos una distancia similar a la anchura de los hombros, acercándose lo más posible a la carga.
- Flexionar las rodillas, manteniendo la espalda erguida.
- Agarrar el objeto firmemente con ambas manos si es posible.
- El esfuerzo de levantar el peso lo deben realizar los músculos de las piernas.
- Durante el transporte, la carga debe permanecer lo más cerca posible del cuerpo, debiendo evitarse los giros de la cintura.

Para el manejo de cargas largas por una sola persona se actuará según los siguientes criterios preventivos:

- Llevará la carga inclinada por uno de sus extremos, hasta la altura del hombro.
- Avanzará desplazando las manos a lo largo del objeto, hasta llegar al centro de gravedad de la carga.
- Se colocará la carga en equilibrio sobre el hombro.
- Durante el transporte, mantendrá la carga en posición inclinada, con el extremo delantero levantado.

Es obligatoria la inspección visual del objeto pesado a levantar para eliminar aristas afiladas.

Es obligatorio el empleo de un código de señales cuando se ha de levantar un objeto entre varios, para aportar el esfuerzo en al mismo tiempo. Puede ser cualquier sistema a condición de que sea conocido o convenido por el equipo.

#### **6.4.6.4. Manipulación de cargas con grúa**

En todas aquellas operaciones en las que conlleven el empleo de aparatos elevadores, es recomendable la adopción de las siguientes normas generales:

- Señalar de forma visible la carga máxima que puede elevar el aparato.
- Verificar los pestillos de seguridad de los ganchos de suspensión de los aparatos elevadores.
- Emplear recipientes adecuados que contengan los materiales, o se sujeten las cargas de forma que no haya desprendimientos.
- Las eslingas llevarán placas de identificación donde constará la carga máxima para la que estén recomendadas.
- De utilizar cadenas estas serán de hierro forjado con un factor de seguridad no inferior a 5 de la carga nominal máxima. Estarán libres de nudos y se enrollarán en tambores adecuados.
- Para la elevación y transporte de piezas de gran longitud se emplearán vigas de reparto de cargas, de forma que permita esparcir la luz entre apoyos, garantizando de esta forma la horizontalidad y la estabilidad.
- El gruista antes de empezar comprobará el buen funcionamiento de los finales de carrera. Si durante el funcionamiento de la grúa se observaran anomalías en el movimiento, dejará de manipular la grúa y se avisará inmediatamente a la dirección de obra.

#### **6.4.6.5. Disposiciones mínimas de seguridad que deberán aplicarse en obras**

##### **6.4.6.5.1. Relativas a los lugares de trabajo**

Observaciones: las observaciones previstas en esta parte, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

Estabilidad y solidez:

- Deberá procurarse la estabilidad de los materiales y equipos y en general, de cualquier elemento que en cualquier desplazamiento pudiera afectar a la seguridad y la salud de los trabajadores.
- El acceso a cualquier superficie que conste de materiales que no ofrezcan una resistencia suficiente solo se autorizará en caso de que se proporcionen equipos o medios apropiados para que el trabajo se realice de manera segura.
- Los puestos de trabajo móviles o fijos situados por encima o por debajo del

nivel del suelo deberán ser sólidos y estables teniendo en cuenta:

- El número de trabajadores que los ocupen.
- Las cargas máximas que en su caso, puedan tener que soportar así como su distribución.
- Los factores externos que pudieran afectarles.
- En caso de que los soportes y los demás elementos de estos lugares de trabajo no poseyeran estabilidad propia, se deberá garantizar su estabilidad mediante elementos de fijación apropiados y seguros con el fin de evitar cualquier desplazamiento inesperado involuntario del conjunto o parte de dichos puestos de trabajo.
- Deberá verificarse de manera apropiada la estabilidad y la solidez y especialmente después de cualquier modificación de la altura del puesto de trabajo.

Instalaciones de suministro y reparto de energía:

- La instalación eléctrica de los lugares de trabajo en las obras deberá ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica.
- En todo caso y salvo de disposiciones específicas de la normativa citada, dicha instalación deberá satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
- Las instalaciones deberán proyectarse, realizarse y utilizarse de manera que no entrañen ningún peligro de incendio ni de explosión y de modo que las personas estén protegidas contra los riesgos de electrocución.
- El proyecto, la realización y la elección de material y de los dispositivos de protección deberán tener en cuenta el tipo y la potencia de la energía suministrada, las condiciones de los factores externos y la capacidad de las personas que tengan acceso a la instalación.

Salidas de emergencia:

- Las salidas de emergencia deberán permanecer libres y desembocar directamente a una zona de seguridad.
- En caso de peligro, todas las zonas de trabajo deberán poder evacuarse rápidamente y en condiciones de máxima seguridad.
- El número, distribución y dimensión de las salidas de emergencia dependerán de los equipos y de las dimensiones de la obra y de los locales, así como del número máximo de personas que puedan estar presentes en ellos.
- Las salidas deberán señalizarse conforme al R.D. 485/97. Dicha señalización deberá fijarse en los lugares adecuados y tener la resistencia suficiente.
- Las salidas de emergencia, así como las de circulación y las puertas que den acceso a ellas deberán estar totalmente despejadas para que puedan ser utilizadas sin trabas en ningún momento.
- En caso de avería del sistema de alumbrado, las salidas de emergencia deberán disponer de iluminación de seguridad.

Detección y lucha contra incendios:

- Según las características de la obra, dimensiones y uso de los locales, los equipos presentes, las características físicas y químicas de las sustancias o materiales y del número de personas que puedan hallarse presentes, se dispondrá de un número suficiente de dispositivos contra incendios.
- Dichos dispositivos deberán revisarse y mantenerse con regularidad.  
Deberán cumplir los periodos de revisión que obliga la legislación vigente.
- Los dispositivos manuales deben ser de fácil acceso y manipulación.

Ventilación:

- Teniendo en cuenta los trabajos y las cargas físicas que llevan los trabajadores, éstos deberán aire limpio a discreción.
- Si se utiliza una instalación de ventilación, se mantendrá en buen estado de funcionamiento y de evitaran corrientes de aire a los trabajadores.

#### Exposición a riesgos particulares

- Los trabajadores no estarán expuestos a fuertes niveles de ruido, ni a factores externos nocivos (gases, vapores, polvo).
- Si algunos trabajadores deben permanecer en zonas cuya atmósfera pueda contener sustancias tóxicas o no tener oxígeno en cantidad suficiente o ser inflamable, dicha atmósfera deberá ser controlada y deberán adoptarse medidas de seguridad al respecto.
- En ningún caso podrá exponerse a un trabajador a una atmósfera confinada de alto riesgo. Deberá estar bajo vigilancia permanente desde el exterior para que se le pueda prestar un auxilio eficaz e inmediato.

#### Temperatura

Debe ser adecuada para el organismo humano durante el tiempo de trabajo, teniendo en cuenta el método de trabajo y la carga física impuesta.

#### Iluminación

- Los lugares de trabajo, los locales y las vías de circulación deberán disponer de suficiente iluminación natural (si es posible) y de una iluminación artificial adecuada durante la noche y cuando no sea suficiente la natural.
- Las instalaciones de iluminación de los locales, las vías y los puestos de trabajo deberán colocarse de manera que no creen riesgos de accidentes para los trabajadores.

#### Espacio de trabajo

Las dimensiones del puesto de trabajo deberán ser lo suficientemente cómodas para que los trabajadores tengan la suficiente libertad de movimientos para ejercer su cometido, teniendo en cuenta la presencia de todo el equipo y material necesario.

#### Primeros auxilios

- Será responsabilidad del empresario garantizar que los primeros auxilios puedan prestarse en todo momento por personal con la suficiente formación para ello.
- Así mismo, dispondrá de medidas para garantizar la evacuación, para recibir atención sanitaria, de los trabajadores accidentados o afectados por una indisposición repentina.
- Dependiendo de la actividad de la empresa, deberá contarse con uno o varios locales para primeros auxilios.
- Los locales para primeros auxilios deberán estar dotados de las instalaciones y el material de primeros auxilios indispensables y tener fácil acceso para las camillas. Deberán estar señalizados conforme el Real Decreto sobre señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- En todos los lugares en los que las condiciones de trabajo lo requieran, se deberá disponer también de material de primeros auxilios, debidamente señalizado y de fácil acceso.
- Una señalización visible deberá indicar la dirección y el número de teléfono del servicio local de urgencia.

#### Caídas de objetos

- Los trabajadores deberán estar protegidos contra la caída de objetos, para ello se utilizarán, siempre que sea técnicamente posible, medidas de protección colectivas.
- Cuando sea necesario, se colocaran pasos cubiertos o se impedirá el acceso a las zonas peligrosas.
- Los materiales de acopio, equipos y herramientas de trabajo deberán almacenarse de forma segura para evitar la caída o vuelco de las mismas.



#### Caída de altura

- Las plataformas, andamios y pasarelas, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas y redes de protección colectiva.
- Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, unos pasamanos y una protección intermedia que impida el paso o deslizamiento de los trabajadores.
- Los trabajos en altura solo podrán efectuarse en principio con la ayuda de equipos concebidos para tal fin, o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas, o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberán disponer de medios seguros y utilizar cinturones de seguridad con anclaje.
- La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, periodo de no utilización o cualquier otra circunstancia.

#### Andamios y escaleras

- Los andamios deberán prepararse, construirse y mantenerse convenientemente de manera que se evite su desplome o desplazamiento accidentalmente.
- Las plataformas de trabajo, las pasarelas y las escaleras de los andamios, deberán construirse, protegerse y utilizarse de forma que se evite que las personas tengan o estén expuestas a caídas de objetos.
- Los andamios deberán ir inspeccionados por una persona competente:
  - Antes de su puesta en servicio.
  - A intervalos regulares en lo sucesivo.
  - Después de cualquier modificación, periodo de no utilización, exposición a la intemperie, sacudidas sísmicas que no altere su estabilidad.
- Los andamios móviles deberán asegurarse contra los desplazamientos involuntarios.

#### Instalaciones, maquinas y equipos

- Las instalaciones, maquinas y equipos utilizados en las obras deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa específica. En todo caso y a salvo de las disposiciones específicas de la normativa citada, deberán satisfacer las condiciones que se señalan en los siguientes puntos de este apartado.
- Las instalaciones, maquinas y equipos incluidas las herramientas manuales o sin motor, deberán:
  - Estar bien proyectados y contruidos, teniendo en cuenta en la medida de lo posible los principios de la ergonomía.
  - Mantenerse en buen estado de funcionamiento.
  - Utilizarse exclusivamente por los trabajadores que hayan recibido una formación adecuada.
- Las instalaciones y los aparatos a presión deberán ajustarse a lo dispuesto en su normativa.

#### Instalaciones de distribución de energía

- Deberán verificarse y mantenerse con regularidad las instalaciones de distribución de energía presentes en la obra, en particular las que estén sometidas a factores externos.
- Las instalaciones existentes antes del comienzo de la obra, deberán estar localizadas, verificadas y señaladas claramente.



**6.4.6.5.2. Normativa particular de trabajos en redes eléctricas**

Entre otros aspectos, en esta actividad se deberá haber ponderado la posibilidad de las siguientes alternativas:

- Tender a la normalidad y repetitividad de los trabajos, para racionalizarlo y hacerlo más seguro, amortizable y reducir iniciativas propias y manipulaciones perfectamente prescindibles en obra.

Después de haber realizado las operaciones previas (apertura de circuitos, bloqueo de aparatos de corte y verificación de la ausencia de tensión) a la realización de los trabajos eléctricos, se deberán realizar en el propio lugar de trabajo, las siguientes:

- Verificación de la ausencia de tensión y de retornos.
- Puesta en cortocircuito lo más cerca posible del lugar de trabajo y en cada uno de los conductores sin tensión, incluyendo el neutro. Si la red conductora es aislada y no puede realizarse la puesta en cortocircuito, deberá procederse como si la red estuviera en tensión, en cuanto a protección personal se refiere.
- Delimitar la zona de trabajo, señalizándola adecuadamente si existe la posibilidad de error en la identificación de la misma.

**Protecciones personales**

- Los guantes aislantes, además de estar perfectamente conservados, deberán estar adaptados a la tensión de las instalaciones o equipos en los cuales se realicen trabajos o maniobras.
- En los trabajos y maniobras sobre fusibles, seccionadores, zona en tensión en general, en los que pueda cebarse intempestivamente el arco eléctrico, será preceptivo el empleo de:
  - Casco de seguridad normalizado para Alta Tensión.
  - Pantalla facial de policarbonato.
  - Gafas con ocular filtrante de color óptimamente neutro.
  - Guantes dieléctricos.

Para garantizar la seguridad de los trabajadores y para minimizar la posibilidad de que se produzcan contactos eléctricos directos, al intervenir en instalaciones eléctricas realizando trabajos sin tensión; se seguirán al menos tres de las siguientes reglas (cinco reglas de oro de la seguridad eléctrica):

- Los trabajos en tensión se realizarán cuando existan causas muy justificadas.
- Se realizarán por parte de personal autorizado y adiestrado en los métodos de trabajo a seguir, estando en todo momento presente un jefe de trabajos que supervisará la labor del grupo de trabajo.
- Las herramientas que utilicen y las prendas de protección personal deberán ser homologados.

Al realizar trabajos en proximidad a elementos en tensión, se informará al personal de este riesgo y se tomarán las siguientes precauciones.

- En un primer momento, se considerará si es posible cortar la tensión en aquellos elementos que producen el riesgo.
- Si no es posible cortar la tensión, se protegerá mediante mamparas aislantes.

**6.4.6.5.3. Normativa particular de cada medio a utilizar****a) Herramientas de corte****Causas de los riesgos:**

- Rebabas en la cabeza de golpeo de la herramienta.
- Rebabas en el filo de corte de la herramienta.
- Extremo poco afilado.
- Sujetar inadecuadamente la herramienta o material a talar.
- Mal estado de la herramienta.

**Medidas de prevención:**

- Las herramientas de corte no deben presentar un filo peligroso.
- La cabeza no debe presentar rebabas.
- Los dientes de las sierras deberán estar bien afilados y triscados. La hoja deberá estar bien templada (sin recalentamiento) y correctamente tensada.
- Cada tipo de sierra sólo se empleará en la aplicación específica para la que ha sido diseñada.
- En el empleo de alicates y tenazas para cortar alambre, se girará la herramienta en plano perpendicular al alambre, sujetando uno de los lados y no imprimiendo movimientos laterales.
- No emplear este tipo de herramientas para golpear.

**Medidas de protección:**

- En trabajos de corte en que los recortes sean pequeños, es obligatorio el uso de gafas de protección contra proyección de partículas.
- Si la pieza a cortar es de gran volumen, se deberá planificar el corte de forma que el abatimiento no alcance al operario o sus compañeros.
- En el afilado de estas herramientas se usarán guantes y gafas de seguridad.

**b) Herramientas de percusión****Causas de los riesgos:**

- Mangos inseguros, rajados o ásperos.
- Rebabas en aristas de cabeza.
- Uso inadecuado de la herramienta.

**Medidas de prevención:**

- Rechazar toda maceta con el mango defectuoso.
- No tratar de arreglar un mango rajado.
- La maceta se usará exclusivamente para golpear y siempre con la cabeza.
- Las aristas de la cabeza han de ser ligeramente romas.

**Medidas de protección:**

- Empleo de prendas de protección adecuadas, especialmente gafas de seguridad o pantallas faciales de rejilla metálica o policarbonato.
- Las pantallas faciales serán preceptivas si en las inmediaciones se encuentran otros operarios trabajando.

**c) Herramientas punzantes****Causas de los riesgos:**

- Cabezas de cinceles punteros floreados con rebabas.
- Inadecuada fijación al astil o mango de la herramienta.
- Material de calidad deficiente.
- Uso prolongado sin adecuado mantenimiento.

- Maltrato de la herramienta.
- Utilización inadecuada por negligencia o comodidad.
- Desconocimiento o imprudencia del operario.

Medidas de prevención:

- En cinceles y punteros comprobar las cabezas antes de comenzar a trabajar y desechar aquellos que presenten rebabas, rajadas o fisuras.
- No se lanzarán las herramientas, sino que se entregarán en mano.
- Para un buen funcionamiento, deberán estar bien afiladas y sin rebabas.
- No cincelar, taladrar, marcar, etc. nunca hacia uno mismo ni hacia otras personas. Deberá hacerse hacia fuera y procurando que nadie está en la dirección del cincel.
- No se emplearán nunca los cinces y punteros para aflojar tuercas.
- El vástago será lo suficientemente largo como para poder cogerlo cómodamente con la mano o bien utilizar un soporte para sujetar la herramienta.
- No mover la broca, cincel, etc. hacia los lados para así agrandar un agujero, ya que puede partirse y proyectar esquirlas.
- Por tratarse de herramientas templadas no conviene que cojan temperatura con el trabajo ya que se vuelven quebradizas y frágiles. En el afilado de este tipo de herramientas se tendrá presente este aspecto, debiéndose adoptar precauciones frente a los desprendimientos de partículas y esquirlas.

Medidas de protección:

- Deberán emplearse gafas anti-impacto de seguridad, homologadas para impedir que esquirlas y trozos desprendidos de material puedan impactar en el ojo.
- Utilización de protectores de goma maciza para asir la herramienta y absorber el impacto fallido.

d) Maquinas eléctricas portátiles

De forma genérica, las medidas de seguridad a adoptar al utilizar las máquinas eléctricas portátiles son las siguientes:

- Cuidar de que el cable de alimentación está en buen estado, sin presentar abrasiones, aplastamientos, punzaduras, cortes o cualquier otro defecto.
- Conectar siempre la herramienta mediante clavija y enchufe adecuados a la potencia de la máquina.
- Asegurarse de que el cable de tierra existe y tiene continuidad en la instalación si la máquina a emplear no es de doble aislamiento.
- Al terminar se dejara la maquina limpia y desconectada de la corriente.
- Cuando se empleen en emplazamientos muy conductores lugares muy húmedos, dentro de grandes masas metálicas, etc.) se utilizarán herramientas alimentadas a 24V como máximo o mediante transformadores separadores de circuitos.
- El operario debe estar adiestrado en el uso y conocer las presentes normas.

### 6.5. Legislación de aplicación al presente estudio

- LEY DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES (LEY 31/95 DE 8/11/95).
- REGLAMENTO DE LOS SERVICIOS DE PREVENCIÓN (R.D. 39/97 DE 7/1/97).
- DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (R.D. 485/97 DE 14/4/97).
- DISPOSICIONES MINIMAS EN MATERIA DE SEÑALIZACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD EN LOS LUGARES DE TRABAJO (R.D. 486/97 DE 14/4/97).
- REGLAMENTO ELECTROTÉCNICO DE BAJA TENSIÓN (R.D. 842/2002 DE



Eduardo Garcia Garcia  
2/8/2002).

Universidad Pública de Navarra

**Fdo.: Eduardo Garcia Garcia**

**Pamplona, Febrero 2012**



# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL ELÉCTRICO

Título del proyecto:

“INSTALACIÓN ELÉCTRICA EN BAJA TENSIÓN Y  
CENTRO DE TRASFORMACIÓN DE UNA NAVE  
INDUSTRIAL”

DOCUMENTO: 7. BIBLIOGRAFÍA

Alumno: Eduardo Garcia Garcia

Tutora: Amaia Pérez Ezkurdia

Pamplona, 23 de Febrero de 2012



## **INDICE**

### **BIBLIOGRAFÍA**

### **PÁGINA**

<b>7.1. Reglamentos, normativas y libros</b>	<b>2</b>
<b>7.2. Páginas Web de empresas</b>	<b>3</b>
<b>7.2.1. Direcciones de empresas cuyos productos han sido utilizados en el presente proyecto</b>	<b>3</b>
<b>7.2.2. Direcciones de empresas consultadas</b>	<b>3</b>
<b>7.3. Otras direcciones Web</b>	<b>4</b>



## **BIBLIOGRAFÍA**

### **7.1. Reglamentos, normativas y libros**

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión. Aprobada por el consejo de ministros, reflejado en el Real Decreto 842/2002 de 2 de agosto de 2002 y publicado en el BOE Nº 224 de fecha 18 de septiembre de 2002.
- Instrucciones Técnicas Complementarias del Reglamento electrotécnico para Baja Tensión (instrucciones ITC-BT). Orden del 2 de agosto de 2002 del Ministerio de ciencia y tecnología.
- Reglamento de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Colección leyes normas y reglamentos. Ministerio de ciencia y tecnología.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Colección leyes normas y reglamentos. Ministerio de ciencia y tecnología.
- Reglamento sobre Acometidas Eléctricas. Colección leyes normas y reglamentos. Ministerio de industria y energía.
- Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación e Instrucciones Técnicas Complementarias. Ministerio de industria y energía.
- Manual del alumbrado Westinghouse. Ed. CIE Inversiones editoriales 4ª edición.
- Instalación de NTE-IE electricidad. Normas Tecnológicas de la edificación. Ed. Paraninfo 1996. José arlos Toledano.
- INSTALACIONES ELECTRICAS. TOMOS I, II, III. Ed. Günter G. Seip. Ed. Siemens Aktiengesellschaft 1989.
- PUESTA A TIERRA EN EDIFICIOS Y EN INSTALACIONES ELECTRICAS. Juan José Martínez Requera y José Carlos Toledano Gasca. Ed. Paraninfo 1997.
- Reglamento de verificación eléctrica y Regularidad en el suministro de Energía Eléctrica.
- Canalizaciones, materiales de alta y baja tensión y centrales. Paúl Hering.
- Protecciones en las instalaciones eléctricas. Paulino Montané.
- Método de cálculo y proyecto de instalaciones de puestas a tierra para centros de transformación conectados a redes de tercera categoría. UNESA. Febrero 1989.
- Normas tecnológicas de la edificación. Instalaciones: IEB: Baja tensión; IEI: Alumbrado interior; IEP: puesta a tierra.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de Abril. Anexo IV: Reglamento de iluminación en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de Diciembre. Reglamento de seguridad contra incendios en establecimientos industriales.
- NBE-CPI/96: Condiciones de Protección contra Incendios en los Edificios, aprobada por el Real Decreto 2177/1996, de 4 de Octubre, publicada en el BOE el día 29 de octubre de 1996.
- Reglamento sobre Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación. Real Decreto 3275/1982 de 12 de Noviembre.
- Normas UNE y recomendaciones UNESA que sean de aplicación.
- Normas particulares de "Iberdrola distribución S.A.".
- Ley de prevención de riesgos laborales. Real Decreto 31/1995 de 8 de noviembre.
- Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.



## 7.2. Páginas Web de empresas

### 7.2.1. Direcciones de empresas cuyos productos han sido utilizados en el presente proyecto

En este apartado se adjuntan las direcciones Web de las empresas cuyos productos han sido aplicados en el presente proyecto. En dichas páginas Web se pueden encontrar los catálogos donde vienen los productos con sus características técnicas, regencias y en algunos casos el precio. Las empresas y productos son las siguientes:

- MERLIN GERIN. <http://www.schneiderelectric.es>.
- MANUFACTURAS ELÉCTRICAS S.A. (MESA). <http://www.me-sa.es>.
- KLK ELECTRO MATERIALES. <http://www.klk.es>.
- PHILIPS. <http://www.eurlighting.philips.com>.
- LEGRAND. <http://www.legrandelectric.com>.
- HIMEL. <http://www.himel.es>.
- PEMSA. <http://WWW.PEMSA.COM>

### 7.2.2. Direcciones de empresas consultadas

En este apartado se cita una relación de empresas y sus direcciones Web, clasificadas según los productos que fabrican relacionados con este proyecto, incluidas las utilizadas en el mismo. Este apartado puede ser de utilizar para las futuras ampliaciones o reformas que se pudieran realizar en la nave industrial del presente proyecto u otros proyectos.

- EDIFICIOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN PARA CT

SCHNEIDER ELECTRIC. <http://www.schneiderelectric.es>  
ORMAZÁBAL, <http://www.ormazabal.com>, C.T  
POSTES NERVION. <http://www.postesnervion.es>  
IBERAPA. <http://WWW.IBERAPA.ES>  
INAEL. <http://inael.es>

- CELDAS MODULARES CON AISLAMIENTO EN SF6

SCHNEIDER ELECTRIC. <http://www.schneiderelectric.es>  
ORMAZÁBAL, <http://www.ormazabal.com>  
INAEL. <http://inael.es>  
MESA. <http://me-sa.es>  
ABB. <http://www.abb.es>

- TRANSFORMADORES DE POTENCIA

SCHNEIDER ELECTRIC. <http://www.schneiderelectric.es>  
PAUWELS. <http://www.pauwels.com>  
COTRADIS. <http://www.cotradis.com>  
MESA. <http://me-sa.es>  
ABB. <http://www.abb.es>  
INCOESA. <http://www.incoesa.com>  
IMEFY. <http://imefi.com>

- TRANSFORMADORES DE MEDIDA



SCHNEIDER ELECTRIC. <http://www.schneiderelectric.es>  
ARTECHE. <http://www.artech.com>

- PICAS Y ACCESORIOS PARA LA PUESTA A TIERRA

KLK ELECTRO MATERIALES. <http://www.klk.es>  
INDUSTRIAS ARRUTI. <http://www.arruti.com>

- CABLES Y ACCESORIOS

BICC GENERAL CABLE. <http://www.generalcable.com>  
INCASA. <http://www.incasa-cables.com>  
DRAKA. <http://www.draca.es>  
FACOSA. <http://www.facosa.com>

- TUBOS DE CANALIZACIÓN

TUBIFOR. <http://www.directindustry.com>  
DEUTSCH-NEUMANN. <http://www.directindustry.com>  
DURAPIPE. <http://www.directindustry.com>  
EUROPWER. <http://www.directindustry.com>  
HYDRAULICS. <http://www.directindustry.com>  
AGRO. <http://www.directindustry.com>

### 7.3. Otras direcciones Web

- <http://www.energuia.com>
- <http://www.secorbe.es>
- <http://www.arqui.com>
- <http://www.procuno.com>
- <http://www.electroindustria.com>
- <http://www.bdd.unizar.es>
- <http://www.coitiab.es/reglamentos/electricidad/jccm>
- <http://www.unesa.es>
- <http://www.iberdrola.es>
- <http://www.voltium.es>
- <http://www.cnice.mec.es>
- [http://www.uclm.es/area/ing\\_rural/BibliotecaProyectos.htm](http://www.uclm.es/area/ing_rural/BibliotecaProyectos.htm)
- [http://www.ingetecmec.uji.es/EPyPFC/PFC\\_leidos.htm](http://www.ingetecmec.uji.es/EPyPFC/PFC_leidos.htm)
- <http://jungla.dit.upm.es/~pepe/pfc.html>

Fdo.: Eduardo Garcia Garcia

Pamplona, Febrero 2012